This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

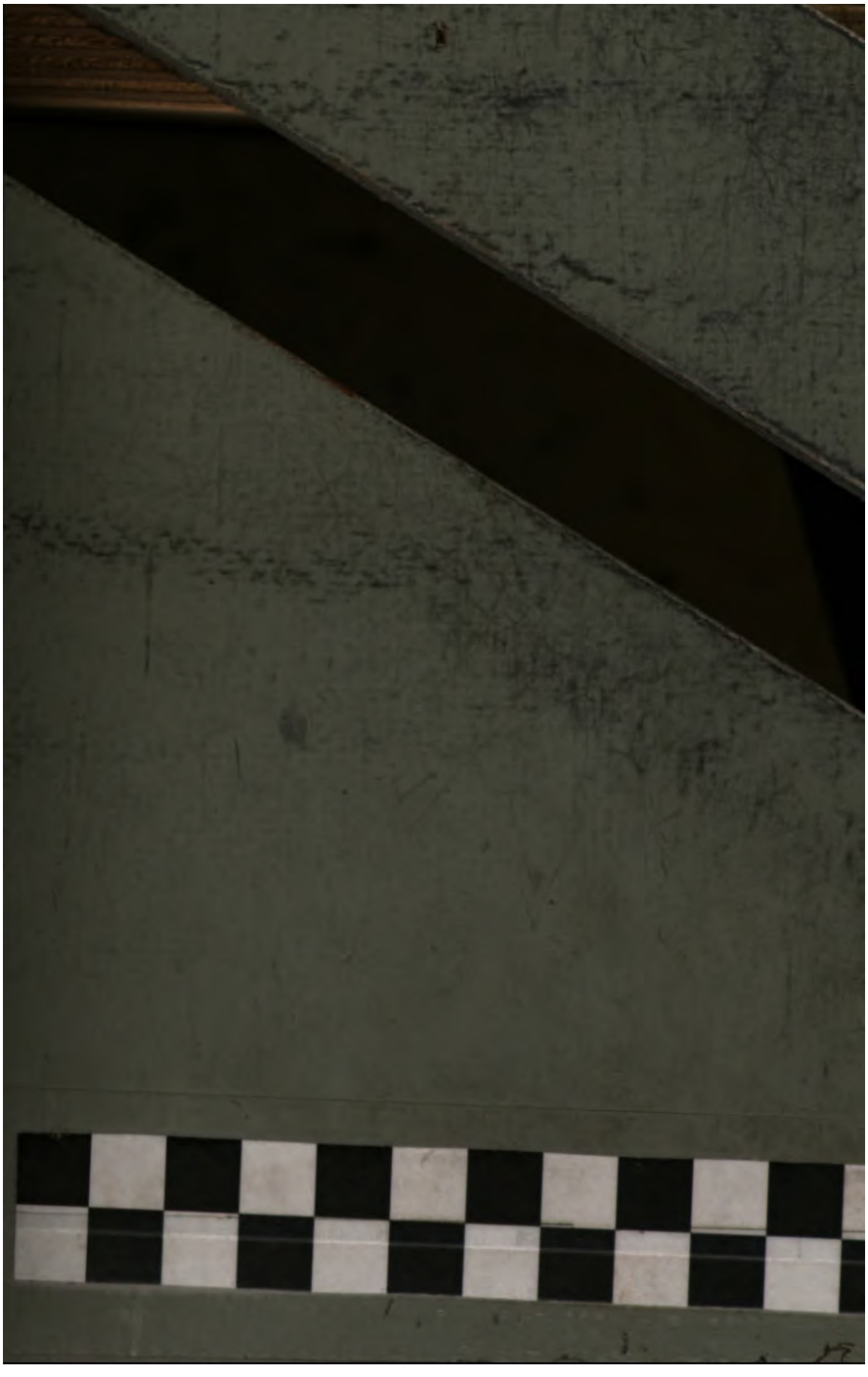
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Digitized by Google

HARVARD UNIVERSITY

DEPARTMENT OF
GEOLOGICAL SCIENCES
LIBRARY

Digitized by Google

MAY 31 1969

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Digitized by Google

Digitized by Google

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la société
E. RENEVIER, prof.

TOME VII

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS
1901-1902

Digitized by Google

Les auteurs seuls sont responsables des opinions émises par eux !

RÉDACTION.

Digitized by Google

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

13,620

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la société E. RENEVIER, prof.

Vol. VII, N° 1.

	Pages.
1. Revue géologique suisse de 1900	5
1re partie. Tectonique par H. SCHARDT	5
2me » Minéralogie et Pétrographie, par H. SCHARDT	21
3me » Géologie dynamique, par CH. SARASIN . . .	38
4me » Stratigraphie et Paléontologie, par CH. SARASIN	53
Tables spéciales de la Revue géologique	99

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS
Juillet 1901.

Digitized by Google

AVIS

Les *Eclogæ* servent d'organe périodique à la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE *(Schweizerische geologische Kommission)*.

Les livres, cartes, etc., donnés en échange contre les publications de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

Tit. Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums,
(in Tausch mit der SCHWEIZERISCHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION)
in ZURICH

Les envois de livres, etc. destinés à la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, doivent être adressés :

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, p. adr. *Bibliothèque de la Société helvétique des sciences naturelles à BERNE.*

Annonces.

Les *Eclogæ* inséreront volontiers des annonces payantes de publications géologiques, comptoirs minéralogiques et paléontologiques, collections ou bibliothèques à vendre, etc. Le prix des annonces est de 5 fr. par *quart de page*, avec réduction pour les annonces plusieurs fois répétées.

Die *Eclogæ* nehmen gerne bezahlte Anzeigen über geologische Publikationen, mineralogische und paläontologische Geschäfte, zum Verkauf ausgebotene Sammlungen oder Bibliotheken, etc. auf. Der Preis der Annoncen beträgt 5 Fr. für die Viertelsseite mit Ermässigung bei Wiederholung derselben Anzeige.

PRIX SCHLÆFLI

proposé par la Société helvétique des sciences naturelles pour le 1er juin 1901.

On demande : **Un projet de forage vertical, pénétrant jusqu'au sol, à travers la glace d'un glacier, dans la région de vitesse maximale.** Dans le trou de forage on déposera des cylindres de bois, numérotés, qui, successivement mis à jour par l'ablation, serviront à mesurer les variations de la vitesse d'écoulement du glacier dans ses couches superposées. La méthode de forage doit être décrite suffisamment ; si cela est utile, elle doit être appuyée sur des expériences ; le projet sera accompagné d'un devis pour les suppositions suivantes : épaisseur du glacier 200 m., 300 m. et 400 m.

Pour renseignements s'adresser à

M. le professeur ALB. HEIM, HOTTINGEN-ZURICH V.

Digitized by Google

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Revue géologique suisse pour l'année 1900.

N° XXXI

par H. SCHARDT et CH. SARASIN.

Ire PARTIE — TECTONIQUE

Par H. SCHARDT.

Descriptions géologiques et orographiques.

Alpes.

Origine des Alpes. — M. ROTHPLETZ[1] a publié une conférence sur l'**origine des Alpes** dans laquelle il énumère les dislocations si variées qui ont contribué à donner aux montagnes leur structure interne et leurs altitudes; plis, plis exagérés, plis-failles, recouvrements et ruptures avec et sans rejet, sont autant de facteurs qui ont participé à la génèse de cette haute chaîne. L'auteur s'est souvent basé sur des exemples puisés dans les Alpes suisses, en particulier dans les Alpes glaronnaises et le Rhéticon qui recèlent de si beaux exemples de plis en recouvrement et de charriages de nappes sédimentaires.

Tectonique des Alpes. — M. A. TORNQUIST[2] a consacré à la **tectonique des Alpes**, des Alpes suisses en particulier, un article destiné à rendre compte des vues nouvelles qui se sont fait jour ces années dernières. Il montre la situation étrange de nappes de charriage du Chablais et du Stockhorn au devant des plis couchés des Hautes-Alpes calcaires. Il pense qu'il n'est pas logique, au point de vue orographique, de comprendre cette zone dans la bordure normale des Alpes

[1] Dr ROTHPLETZ. Die Entstehung der Alpen. *Bayr. Industrie und Gewerbebl.* 1899.

[2] Dr A. TORNQUIST. Die modernen Anschauungen über den Gebirgsbau Europas. Der Aufbau des Alpengebirges. *Die Umschau, Berlin.* 1900. IV, N° 29, 403.

Digitized by Google

calcaires, parce qu'elle ne constitue pas un élément intercalé dans les diverses zones parallèles des Alpes, mais une masse superposée à une autre région. Il y aurait donc lieu de lui réserver le nom de *zone des klippes* ; puisque, en effet, elle se prolonge au NE du lac de Thoune par la série des témoins ou klippes, dont le Roggenstock, si admirablement illustré par Quereau, est un des plus beaux exemples.

La conception des grands plis couchés des Hautes Alpes s'est aussi modifiée. La théorie du double pli glaronnais tend de plus en plus à être remplacée par l'idée d'un pli unique, auquel M. Rothpletz substitue le principe d'un recouvrement par glissement. Nous avons rendu compte (Revue pour 1898) de la structure que cet auteur attribue aux Alpes glaronnaises. M. Tornquist examine ensuite la limite entre les Alpes occidentales et orientales, délimitation encore discutée, et que l'on aime faire passer par la vallée du Rhin au N de Coire et le long de la zone amphibolitique d'Ivrée. Le contraste entre ces deux régions réside surtout dans les fréquences, dans les Alpes orientales, des recouvrements par charriage et les dislocations par failles, tandis que les plis couchés prédominent dans les Alpes occidentales.

La partie S des Alpes orientales, la région de la Grigna et de la Brianza offrent par contre une structure imbriquée très prononcée.

Alpes calcaires.

Préalpes et klippes. — Les klippes des Alpes d'Unterwald se divisent en deux groupes : le groupe du Chleven, du Stanserhorn et du Buochserhorn, situé sur la rive droite de l'Aa de Sarnen, et le groupe comprenant le **Giswylerstock**, le **Rothspitz** et divers autres lambeaux, qui occupe le haut de cette vallée près des sources de la petite Emme. M. Hugi [1] a fait de ce dernier groupe de klippes l'objet d'une étude de détail.

Un chapitre général sur la répartition des klippes, leur nature, leur origine, d'après l'opinion de divers géologues, forme l'introduction à ce travail. Il constate finalement que dans la région de Giswyl les klippes ne sont plus formées de simples lambeaux isolés comme à l'E, mais elles montrent une tendance à former un ensemble qui rapproche leur structure de la nappe plissée du Stockhorn. Une description géographique traite surtout des voies d'accès dans cette région

[1] Dr Emile Hugi. Die Klippenregion von Giswyl. *Denksch. schw. naturf. Gesellsch.* XXXVI, 2. 1900. 75 p. 4°. 6 pl.

Digitized by Google

et des altitudes qu'atteignent ces lambeaux. La plus grande hauteur est celle du Stock (2070 m.) dans la Grande Rossfluh. Juste à côté se trouve le Mändli (2068 m.). Le Giswylerstock lui-même forme une arête orientée du SW au NE dont le sommet le plus élevé, la Schafnase, a 2014 m. Le Jänzimattberg (1846 m.), le Rothspitz (1704 m.) avec la petite arête au S font aussi partie des klippes.

Il résulte de la description des terrains que ces klippes, comme tous les lambeaux de ce genre, tranchent nettement par leur faciès de leur entourage. Toutes les montagnes des chaînes normales qui forment leur soubassement et leur entourage appartiennent au faciès helvétique. L'auteur en donne une description détaillée se servant, à côté de ses propres observations, des descriptions que nous possédons de Kaufmann, Mœsch, etc., qu'il complète et rectifie. Nous n'aurons pas à revenir ici sur ces formations qui sont suffisamment connues.

Quant aux terrains constitutifs des klippes, ils furent désignés jadis sommairement sous le nom de *couches d'Iberg* et associés au Crétacique supérieur, tandis que les lambeaux de « couches rouges » avec le gypse qui les accompagne furent associées sous le nom de Leimernschichten au Flysch. L'auteur est parvenu à y distinguer les terrains suivants :

TRIAS *a*) *Cornieule*, peu répandu en place, mais partout disséminée en forme de blocs et amas.

b) *Gypse*. C'est la roche la plus répandue accompagnée de marnes et argiles. Il est généralement pur et offre, lorsqu'il se présente en grandes surfaces, les formes caractéristiques des entonnoirs d'effondrement.

Plusieurs sources sulfureuses et salines amères (avec sulfate de magnésie) prennent leur minéralisation dans le Trias.

c) *Conchylien* avec *Retzia trigonella*. C'est la roche qui fut, avec les suivantes, surtout qualifiée de Ibergschichten. Ses caractères se rapportent bien aux descriptions de Kaufman et de Stutz. Connu seulement de Fontana-Alp en blocs.

d) *Calcaires à Diplopores* avec *Diplopora annulata*. Roche qui se rencontre seulement en blocs isolés sur la Möhrli-Alp et sur l'Alpboglen-Alp.

Il semble peu douteux que ces blocs proviennent des rochers de la Rossfluh (le Muschelkalk) ou du Giswylerstock (le calc. à Diplopores), bien que l'auteur figure tout le massif avec la couleur du

2. *Hauptdolomit*, dont les débris forment presque tous

Digitized by Google

les talus d'éboulement qui entourent cette sauvage masse rocheuse. Ses caractères sont absolument ceux du Hauptdolomit du Roggenstock (Schwytz).

JURASSIQUE. Le *Lias* est inconnu. Le *Dogger* forme deux lambeaux au Jänzimattberg et à la Möhrlialp. Il y présente deux faciès, l'un ammonitifère (*Steph. Humphiesi*, *Son. Sowerbyi*, *Phyll. tatricum*) avec *Zoophycos scoparius*. L'autre faciès est un calcaire compact foncé.

Le *Callovien* existe au Rothspitz, tandis que le Bathonien y paraît manquer.

Malm. N'existe qu'au Rothspitz et a sa prolongation N; c'est un calcaire clair avec rognons de silex à radiolaires. Il y est renversé et repose sur le

CRÉTACIQUE représenté par le *Néocomien*, calcaire en couches minces avec rognons de silex et *Aptychus*, et les *couches rouges* et *grises* crétaciques en grande épaisseur avec un développement absolument typique attesté par les foraminifères.

L'auteur se tourne ensuite vers la *tectonique des klippes* et de leur soubassement.

Les klippes de Giswyl diffèrent de celles d'Iberg, malgré l'analogie des roches, par la netteté des replis qu'offrent les assises triasiques et par la rareté des affleurements du soubassement tertiaire et crétacique, si admirablement visible aux environs d'Iberg.

Il ressort des profils de M. Hugi que les klippes qu'il a étudiées doivent reposer entièrement sur le tertiaire (Flysch) recouvrant le crétacique des plis à faciès helvétique; ce sont donc des lambeaux de charriage (Deckschollen, Ueberschiebungsschollen).

La masse dolomitique du Giswylerstock est séparée de celle de la Rossfluh par la dépression de la Furgge, où affleure de la cornieule. A la Rossfluh les couches sont repliées en forme de faucille ou de ⊂ ouvert du côté S, où s'élève le Mänli qui est isoclinal et formé par le prolongement de la branche inférieure de l'⊂. Le Giswylerstock présente des couches faiblement repliées en forme d'auge allongée du SW au NE. Au Jänzimattberg et au Rothspitz la tectonique est moins claire. A la première de ces localités les couches sont normales. C'est du Dogger reposant sur le Gypse et celui-ci sur de la cornieule. Mais au Rothspitz, où il y a renversement des couches, sa situation se complique encore par un

Digitized by Google

second lambeau des mêmes terrains en position normale. Le Malm semble reposer sur le Gypse.

Rothspitz, Jänzimattberg et Giswylerstock sont, d'après leurs terrains, trois groupes de klippes bien distinctes. Le Rothspitz correspond à la chaîne du Stockhorn, ainsi que le Jänzimattberg, tandis que le Giswylerstock a comme analogue les masses triasiques des chaînes de la zone interne des Préalpes (Rubli-Gummfluh); mais les couches à *Mytilus* et le Malm y font défaut.

L'énorme extension des éboulis ne permet malheureusement pas de se rendre compte bien clairement de la situation des klippes par rapport au soubassement helvétique. On voit partout, sauf au Rothspitz, du Gypse et de la cornieule s'intercaler entre le Flysch et les klippes. Sous le Flysch apparaissent les couches de Wang. Entre le Giswylerstock et le Jänzimattberg le Flysch forme un anticlinal flanqué de part et d'autre de cornieule sur laquelle s'élèvent les klippes.

Il n'y a pas de doute pour l'auteur que ces klippes sont le résultat d'un charriage (Ueberschiebung). Quant à l'origine de la nappe, dont les klippes ne sont que des débris, il croit pouvoir déduire de la forme des replis à la Rossfluh et d'autres indices que la poussée a dû venir du N. Il se prononce donc catégoriquement pour l'hypothèse de Steinmann et Quereau (Die Ueberschiebung der Giswylerklippen muss vom vindelizischen Gebirge her stattgefunden haben).

Les détails de la situation actuelle résulteraient de deux poussées après érosion partielle de la première nappe de recouvrement. Cette seconde poussée serait venue du NW.

Il donne à l'appui de sa manière de voir et du mécanisme du recouvrement, quatre profils schématiques interprétant les diverses phases de ces mouvements successifs.

Nous avons rendu compte (*Revue géol.*, pour 1899) des attaques de M. Emile Haug contre l'hypothèse du charriage lointain des **Préalpes et des klippes** (régions et lambeaux exotiques) du versant N des Alpes suisses, telle qu'elle a été formulée par M. Schardt. Ce dernier [1], à son tour, vient de faire paraître un mémoire défensif. Passant sous silence les attaques personnelles de M. Haug, il examine successivement les objections opposées à sa manière de voir. Les objections stratigraphiques, autant que celles tirées de la situation tecto-

[1] H. Schardt. Encore les régions exotiques. Réplique aux attaques de M. Emile Haug. *Bull. Soc. vaud. sc. nat.* XXXVI, 1900. 147-169.

Digitized by Google

nique ne sont nullement contraires à l'hypothèse du charriage lointain.

La comparaison des faciès de part et d'autre de la ligne de contact, entre les Préalpes et les klippes d'une part et les Hautes-Alpes d'autre part, montre un contraste absolu, tandis qu'au contraire la région des Préalpes offre sur son bord *nord* des faciès se rapprochant de ceux qu'on trouve sur le bord *sud* des Hautes-Alpes, donc justement du côté opposé de leur ligne de contact. C'est le cas pour le Trias, le Lias, le Jurassique et surtout pour le Crétacique. En ramenant dans sa position primitive la région des Préalpes et des klippes, les terrains à faciès homologues seront en contact direct, alors qu'aujourd'hui ils sont précisément en opposition. L'auteur constate que plusieurs des arguments de M. Haug sont basés sur des erreurs et des confusions et que d'autres parlent justement en faveur de l'hypothèse qu'il cherche à réfuter. La recherche de l'origine des Préalpes et des klippes, c'est-à-dire du gisement primitif de cette nappe charriée, ne saurait se résoudre à coup de plume! Il faudra des recherches longues et patientes soit pour infirmer soit pour confirmer cette hypothèse.

Les objections opposées par M. Haug aux arguments tectoniques sont essentiellement l'absence d'une charnière frontale et d'un flanc moyen laminé. M. Schardt fait observer que la présence de ces éléments propres aux plis couchés lui aurait paru contraire à un charriage lointain. La nappe des Préalpes a, en un moment donné, chevauché sur la région à faciès helvétique, dont les terrains se sont ensuite plissés en formes de lacets de plis couchés. C'est sur le dos de ces plis couchés dont l'un se distingue par sa grande envergure que la nappe des Préalpes a été transportée du S vers le N, pour être jetée enfin dans le synclinal tertiaire qui précède le bord du pli couché. C'est pour cela, que, soit les grandes masses exotiques préalpines, soit les klippes se trouvent toujours devant un grand pli couché sur du Flysch qui s'introduit dans un synclinal couché dont la charnière est plus élevée que l'ouverture, de même que la racine de l'anticlinal est plus élevé que sa tête. La formation des plis couchés et culbutés est donc dans une étroite relation avec le transport des nappes et lambeaux exotiques.

M. Schardt oppose à M. Haug deux propositions qu'il faudrait controuver pour réfuter la théorie du charriage.

1° *Sur aucun point de la zone limitrophe entre la région des Préalpes (et des klippes), et les Alpes à faciès helvétique,*

Digitized by Google

il n'y a possibilité de constater le passage par continuité des couches entre une assise quelconque des Préalpes ou des klippes et un terrain du même âge des Hautes-Alpes.

2° Les Préalpes du Stockhorn et du Chablais reposent entièrement, comme les klippes, sur un substratum tertiaire!

L'auteur renonce à combattre l'hypothèse que lui oppose M. Haug de la structure en *éventail imbriqué composé*, par laquelle ce dernier voudrait expliquer l'étrange situation des Préalpes. En attendant que M. Haug produise au moins des profils figurant d'une manière intelligible sa manière de voir, M. Schardt soutient que la disposition en éventail avec un synclinal médian du Flysch est une apparence due à l'écrasement de la nappe charriée entre les amas de Flysch qui la bordent du côté plateau tertiaire et du côté du bord des Hautes-Alpes.

L'auteur constate en terminant que si M. Haug *croit* avoir réfuté l'ensemble de sa théorie, il est *absolument sûr* qu'aucune de ses objections n'en a diminué l'évidence.

Alpes françaises. — M. Lugeon [1] a formulé une série de conclusions à la suite d'une étude géologique de la **région des Bauges**, continuation SW des chaînes calcaires de la Savoie.

Il constate que la poussée tangentielle produit des effets plus puissants en profondeur qu'à la surface; que les ondulations synclinales transversales sont situées sur des angles rentrants des plis et qu'il n'y a pas de décrochements transversaux sur le parcours de la dépression du Cheran et d'Annecy-Faverges.

Alpes bernoises. — Le projet du chemin de fer à travers le **Lötschberg et le Wildstrubel** est accompagné d'une étude géologique préliminaire par MM. von Fellenberg, Kissling et Schardt [2]. Ce mémoire relate d'abord les caractères topographiques et géologiques de la région comprise entre le Wildstrubel et le massif de l'Aar. Le trait le plus saillant réside dans la surélévation des terrains secondaires à l'approche du massif cristallin de l'Aar, qui partage bientôt la nappe sédimentaire en deux zones inégales dont l'une, la moins importante, suit la vallée du Rhône jusqu'à l'entrée de la vallée de Baltschieder, tandis que la plus grande masse

[1] *Soc. vaud. sc. nat.* Séance du 7 mars 1900. Archives IX, 483.

[2] Dr Edm. v. Fellenberg, Dr E. Kissling, u. Prof. H. Schardt. Lötschberg u. Wildstrubeltunnel. Geologische Expertise. *Bern. K.-J. Wyss.* 1900, 32 p. 4 pl.

Digitized by Google

des sédiments est refoulée vers le Nord et semble finalement comme culbutée au pied N du massif cristallin.

A part les alluvions, éboulis et moraines qui acquièrent sur le fond et les flancs des vallées une grande importance, on constate dans cette région les terrains constitutifs suivants :

Tertiaire. Flysch schisteux, grès nummulitique, calcaire à Nummulites et calcaire à Lithothamnies.

Crétacique. Grès du Gault, calcaires et schistes de l'Aptien. Urgonien : massif calcaire de 80-150 m. d'épaisseur. Hauterivien et Valangien : Calcaires gris ou bruns siliceux, marno-calcaires foncés et schistes, 250-300 m.

Jurassique. Malm : Calcaire massif, reposant sur des schistes et calcaires foncés de l'Oxfordien et du Dogger. Le Lias est schisteux dans sa partie supérieure, tandis que plus bas, il est formé par une brèche calcaire remplie de *Belemnites*, passant du côté de Louèche à un grès quartzitique gris, vert ou rougeâtre.

Trias : Schistes rouges et verts. (Quartenschiefer.) Dolomite jaune et cornieule (Rötidolomit) Arkose passant souvent à un conglomérat, généralement confondue avec le Verrucano.

Carbonifères : Schistes noirs avec graphite intercalés aux schistes cristallins dans le Lötschenthal.

Terrains cristallins : Schistes cristallins, gneiss, schistes chloriteux, amphibolites, et schistes amphiboliques, serpentine et pierre ollaire forment en alternances innombrables la partie N du massif cristallin et offrent souvent des filons aplitique et de porphyre granitique, même de véritables filons de granite, précurseurs du massif de protogine qui perce plus à l'Est.

La partie N du massif est formée par le granite de Gasteren, le seul vrai granite connu in situ dans les Alpes bernoises ; son bord sud, au contact avec les schistes cristallins, est caractérisé par d'innombrables filons de porphyre granitique.

Le trait caractéristique de la tectonique du versant N du Lötschberg est que le grand pli couché qui forme le massif du Wildstrubel dévie vers le NE le long du col de la Gemmi. La zone de Flysch et de Nummulitique qui suit cette dépression depuis Nusey et Merdesson sur Miège par Trubeln jusqu'à Kandersteg, n'est autre chose que la sortie de la charnière du synclinal sur lequel repose le grand pli couché et culbuté. L'ouverture de ce synclinal se trouve le long du

Digitized by Google

pied N de la chaîne entre Iffigen, Siebenbrunnen et Frutigen. Tandis qu'au Wildstrubel ce pli couché simule un dome formé de deux nappes normales reliées par un flanc moyen renversé, cette situation se modifie entièrement à travers la dépression de la Gemmi, à l'Est de laquelle s'élève le massif cristallin, si bien qu'à Kandersteg la triple nappe sédimentaire est comme affaissée sur le bord de la chaîne, le flanc moyen et le flanc sud sont repliés en zig-zag et ressemblent à un soufflet placé debout.

Il est intéressant de constater, que, contrairement aux levés géologiques de la carte 1 : 100 000, le Néocomien s'élève très haut sur le flanc du Balmhorn et de l'Altels et constitue encore le sommet du petit Doldenhorn, tandis que le Fisistock, marqué comme jurassique, est exclusivement formé de grès éocène et de Néocomien. Au point de vue de la perforation, le tunnel du Lötschberg, tracé court, présente trois sections du N au S.

1. Sédiments du Tertiaire au Trias 3,8 km.
2. Granite de Gasteren, 5,6 km.
3. Schistes cristallins, 3,5-3,8. km.

Le tracé bas, est sensiblement plus long ; il comportera 4 sections, parce que l'entrée N, sous la plaine de Kandersteg, aura à traverser le remplissage morainique et d'éboulis de l'ancienne vallée d'érosion.

Le tunnel du Wildstrubel aurait à traverser entre Oberried (Lenk) et la vallée du Rhône sur Sierre exclusivement des sédiments, tertiaire, crétaciques et jurassiques peu inclinés.

M. Lugeon[1] a rendu compte des premiers résultats de ses études sur le **Massif du Wildstrubel et du Wildhorn**. Il y a constaté les terrains constitutifs suivants : Trias, avec quartzite, gypse, cornieules, schistes bigarrés et le Rhétien. Lias, schistes lustrés avec bancs de calcaires et de brèche. Dogger, Oxfordien, Malm, puis le Crétacique inférieur surmonté des couches de Seewen et des couches de Wang, enfin le Nummulitique et le Flysch.

La tectonique de cette région offre une série de plis qui sont très serrés dans la vallée du Rhône ; l'un d'eux s'étend en forme de nappe sur les autres. Tout un assortiment de complications s'ajoute à cette disposition : Ce sont des failles coupant tantôt des plis dans leur plan axial, ou coupant et

[1] C.-R. *Soc. helv. sc. nat. Thusis*, 1900. *Archives* X, p. 463-465. *Ecloga* VI, p. 497-500.

Digitized by Google

hachant, à l'instar des champs d'un damier, les nappes peu inclinées de l'Urgonien surtout. Il y a aussi des cassures de grande envergure traversant toute la région obliquement à l'alignement des plis. Fait remarquable, c'est la partie située du côté intérieur qui est presque toujours abaissée. Ces failles sont postérieures aux plissements.

Alpes glaronnaises. — Les couches qui constituent le pied SE du **Glärnisch** ont été interprétées très différemment par les divers auteurs qui ont décrit cette montagne. Tandis que M. Baltzer était tenté de ranger dans le Malm le calcaire qui supporte le calcaire nummulitique à la paroi de l'Ofen et du Gilbi, M. Heim y voyait plutôt une variété calcaire de l'Eocène. C'est M. Rothpletz qui a distingué pour la première fois dans ces couches basales du Glärnisch du Trias et du Jurassique, et a conséquemment considéré comme crétaciques les couches intermédiaires.

M. Blumer[1] a réussi à relever plusieurs profils dans cette région, en particulier à la Gilbi, au Riedberg et au Stöckli, au dessus de Matt, dans lesquels on voit positivement la succession de Trias (Rötidolomit), Valangien, Hauterivien, Urgonien, Albien et les couches de Seewen qui supportent le Nummulitique, sur lequel reposent du Lias, du Trias et de la Sernifite (Permien).

M. Th. Lorenz[1] a soumis le **Fläscherberg**, près Mayenfeld, à une étude de détail, tendant à élucider la question de la limite entre les Alpes à faciès helvétique et la région à faciès austroalpin. Dans ce but cette montagne isolée paraissait en même temps un point de départ tout indiqué pour arriver à une solution de la question des klippes qui se rattache si intimément à celle du contact des faciès.

L'auteur décrit les caractères stratigraphiques généraux et spéciaux des terrains constitutifs, dans lesquels on peut distinguer un faciès occidental et un faciès oriental qui se rattachent tous deux au faciès helvétique (voir 4e partie de cette *Revue*). La limite entre les deux faciès passe par la dépression de Luciensteig.

Il décrit une série de fossiles provenantdes diverses couches et en discute le caractère paléontologique. La partie tecto-

[1] S. Blumer. Eine geologische Beobachtung am Südostfuss des Glärnisch. *Eclogæ geol. helv.* VI, 1900, p. 348-350.

[2] Dr Lorenz. Monographie des Fläscherberges. *Mat. Carl. géol. suisse.* N. Serie X, 1900, 4°, 63 p. 1 carte et 4 pl.

Digitized by Google

nique débute par une description détaillée des nombreux replis et chevauchements, d'où résultent de véritables écailles. Souvent la direction des couches décrit une conversion complète.

Dans son ensemble le Fläscherberg forme un prolongement de cette zone de plis qui se dirige du lac de Wallenstadt jusqu'à l'Alvier. La masse principale du côté NW forme un synclinal largement ouvert et rempli de Néocomien et de couches de Bérrias. Ce synclinal n'est pas simple ; il présente dans son milieu un anticlinal étroit, indiqué par un noyau de couches de Bérrias. A l'angle NW, le long du Rhin, le Néocomien repose normalement sur les couches de Bérrias, le Malm et le Dogger, Du côté SE se trouve. reposant sur le synclinal, un anticlinal renversé de Malm avec noyau étiré de Dogger, accusant un déjettement vers le NW. Cet anticlinal est coupé en deux segments par une faille dirigée du NE au SW. Le lambeau NE est coupé encore par deux failles, dirigées du NW au SE. La partie sud est elle-même encore une fois repliée par un simple bombement ; mais ensuite elle offre plusieurs écailles avec poussée SE. Près de Fläsch, une faille de moindre importance pourrait s'expliquer comme résultant d'un affaissement en suite de sousminage par l'érosion.

Bien que la direction des couches de l'arête du Fläscherberg passe du SE vers le NW, à une direction plutôt N-NE, leur alignement est en général NE-SW avec un plongement au NE. Mais les plis et écailles qui existent au S du Fläscherberg accusent une direction exactement transversale à ce plongement, soit SW-NE. L'auteur en conclut que la masse du Fläscherberg est le résultat de deux plissements successifs, l'un ayant produit d'abord le pli avec direction NW-SE, l'autre ceux avec direction NE-SW, c'est-à-dire le pli du Dogger au SE et les écailles qui lui succèdent.

La situation du Fläscherberg sur la rive droite du Rhin n'est nullement aussi isolée qu'elle en a l'air. L'auteur voit des relations intimes avec l'arête des Churfirsten d'une part, et celle du Calanda d'autre part. Ces relations paraissent d'ailleurs évidentes, autant au point de vue du faciès des terrains qu'au point de vue tectonique.

Les couches du Fläscherberg s'infléchissent à l'extrémité NW dans la direction de l'Alvier, tandis qu'au S, malgré l'interruption près de Landquart, leur relation avec les assises calcaires du Calanda ne laisse guère de doutes. A l'ouest du Calanda la direction du plissement est SW

Digitized by Google

(c'est le pli S du double pli glaronnais); au Calanda cette direction tourne au NE, pour passer au NW au Fläscherberg et virer à E-W au Churfirsten et redevenir SW dans le Klönthal, tous plis déjetés de la périphérie vers le centre du contour décrit. Il devient donc évident, aux yeux de l'auteur, que nous avons affaire à un véritable *pli circulaire avec déjettement concentrique.* Les illustrations qu'il donne de cette hypothèse sont certainement séduisantes. Une seule difficulté subsiste, l'absence de tout affleurement mésozoïque entre Mayenfeld et Landquart; l'auteur la tourne habilement, en supposant là le pli caché sous le Flysch. (Les schistes grisons de la région de la Landquart étant considérés comme appartenant au Flysch.) Le plissement arqué serait primaire et le plissement avec direction SW-NE, soit le vrai plissement alpin général, aurait suivi. C'est ce dernier qui a produit les plis transversaux du Fläscherberg, tandis que le plissement longitudinal de cette montagne appartient au pli arqué. Ce dernier serait attribué, d'après l'auteur, à l'enfoncement du massif de l'Aar, ce qui aurait sollicité une poussée concentrique.

Voilà une nouvelle théorie du grand pli glaronnais. Ce n'est plus un double pli avec renversement vers le NW et le SE, mais c'est, d'après M. Lorenz, un pli arqué qu'il baptise *Glarner Bogenfalte.* Il prononce même le mot de « Rundbogenfalte » — pli circulaire — car, selon son hypothèse d'enfoncement du massif central, ce n'est pas seulement un pli en fer à cheval, mais un pli en « cercle fermé » qui doit se former.

L'auteur examine en suite les diverses autres explications de certaines dislocations des Alpes glaronnaises qui ont été présentées jusqu'ici, en particulier de la faille supposée sur le parcours de la vallée de la Seez. Il n'admet pas de faille, mais seulement un pli faille.

Il constate dans un paragraphe historique sur le double plissement que ce phénomène est aussi repandu ailleurs. Nous savons que Burkhardt a interprété d'après ce principe la tectonique des Alpes au N du Klönthal.

Alpes méridionales.

Alpes du Piémont. — Nous signalons ici, quoique concernant une région située bien en dehors de nos frontières, le récent mémoire de M. Franchi[1] sur l'âge de la zone des

[1] S. Franchi. Sull' età mesozoica della zona delle pietre verdi nelle Alpi occidentali. *Bull. R. Comit. geol. Ital.* 1898. 236 p. 1 carte géol. et 3 pl.

Digitized by Google

« pietre verdi » dans les Alpes occidentales entre Suza et Valgrana. C'est un complexe de terrains cristallophylliens, formé de schistes calcaires, calcschistes sableux avec Belemnites et Arietites, lentilles de brèches avec marbre plaquetés, micaschistes, micachistes à sismondine et gastaldite contenant des lentilles de serpentine, de schiste serpentineux, d'euphotides, de diabases, de porphyrites, tous plus ou moins métamorphosés, associés de prasinite, amphibolites, calcschistes et calcaires avec nodules spathique, calcaires dolomitiques avec crinoïdes, *Pleurotomaria solitaria*, Gyroporelles, calcaires cristallins, cornieules et gypse, quartzite passant au micaschiste.

L'ensemble de cette formation a été successivement considéré comme prépaléozoïque, paléozoïque ou mésozoïque. L'auteur arrive par suite de la découverte de fossiles à le classer définitivement dans la série mésozoïque. Elle représente un faciès cristallin du Trias et du Lias. Il la compare aux schistes lustrés des Alpes françaises et aux schistes grisons des Alpes suisses, avec lesquels elle a plus d'une analogie, soit par la présence de fossiles, soit par les intercalations de roches éruptives vertes. Elle se superpose d'ailleurs en bien des endroits au Permo-carbonifère et doit avoir comme équivalent le Trias et le Lias à faciès normal.

Jura.

Carte géologique de la Suisse. — MM. RENEVIER et SCHARDT[1] ont rédigé une note explicative de la feuille XI de la carte géologique suisse parue en 1894 en seconde édition, revisée par A. Jaccard. Cette notice donne un aperçu orographique et une brève description des terrains de chacune des grandes sections que comprend cette feuille, la région de la mollasse au SE et le Jura au NW.

Jura septentrional. — Nous devons à M. F. v. HUENE[2] une étude géologique très complète sur les **environs de Liestal**, accompagnée d'une carte géologique (feuille 30 de l'atlas Siegfried au 1 : 25 000.)

Cette région se trouve au N de la grande zone de chevauchement et de recouvrement dans l'angle SW du Jura tabulaire. Elle est caractérisée par une profusion de failles pour

[1] *Eclogæ geol. helv.* VI. 1900. p. 351-368.

[2] Dr E. VON HUENE. Geologische Beschreibung der Gegend von Liesta im Schweizer Tafel Jura. *Verhandl. naturf. Gesellsch. Basel.* XII. 1900 p. 295-372. 2 pl.

Digitized by Google

la plupart orientées presque parallèlement aux plis du Jura du SW au NE. Les cassures transversales sont relativement rares. Le pays est ainsi découpé en une série de bandes étroites souvent de moins de 500 m. de largeur et offrant des ressauts tantôt du côté NW, tantôt du côté SE. Plusieurs vallées sont précisément creusées sur le parcours de failles ou de bandes affaissées. La vallée principale de la région, celle de l'Ergolz, est par contre transversale.

Il n'est pas possible ici de suivre l'auteur dans l'énumération et la constatation des dislocations si nombreuses qu'il a pu relever.

A un point de vue général, les failles ont alternativement produit des horsts et des fossés, quelques-unes sont compliquées de plis en anticlinaux et en synclinaux, qui ont le même alignement SW—NE, comme les failles principales. Dans leur ensemble les couches plongent au SE.

Les failles longitudinales sont au nombre d'une douzaine, avec autant de cassures accessoires tant longitudinales qu'obliques ou transversales.

Ce champ de fractures, dont font partie les environs de Liestal, se trouve dans l'angle SW du Jura tabulaire. Il forme au sud du Rhin, entre Bâle et Säkingen, jusqu'aux chaînes du Jura plissé, un quadrilatère dans lequel les failles suivent une direction sensiblement diagonale. Elles forment un faisceau assez large qui se détache à l'ouest des chaînes du Blauen du Wisig et du Steinegg et au sud de celle du Hauenstein sur laquelle elles se greffent presque normalement à l'axe des plis, tandis que les plis à l'ouest semblent se résoudre longitudinalement en pénétrant dans la zone de fracture. Ces cassures, couvrant au SW une largeur de plus de 15 kilomètres, vont en convergeant dans la direction de Säkingen. mais un petit nombre seulement se prolonge jusqu'à ce point, où elles se soudent à la grande cassure qui va de Säkingen par Hausen jusqu'à Kandern. Le bord occidental du champ de fracture est demarqué par le prolongement de la grande fracture rhénane qui passe à l'ouest du Dinkelberg. On voit que cette région faillée est placée exactement au sud du massif du Dinkelberg qui constitue un des gradins de la Forêt-Noire.

L'auteur conclut que si l'on considère que les plis du côté de l'ouest tendant à s'aplanir et que du côté nord, nous sommes en présence de grandes failles, dont le rejet tend à diminuer, tandis qu'au Sud se trouvent les plis exagérés en plis-failles entre le Passwang et le Wiesenberg, il est facile

Digitized by Google

de comprendre qu'une telle région sollicitée par des forces si variées devait se disloquer d'une manière exceptionnelle. Au NE on constate le résultat de la tension produite par le mouvement vertical de la faille du Säkingen-Hausen (rejet 800 m.) qui a donné naissance en se ramifiant aux failles plus petites qui pénètrent dans le Jura tabulaire. A l'Ouest, les plis du Blauen, etc., s'aplanissent et se confondent avec la zone faillée. On voit même parfois des plis anticlinaux ayant le faîte affaissé en forme de fossé. L'aplatissement des plis du côté W a dû produire une traction superficielle longitudinale, d'où la formation de certaines failles tranversales ou obliques.

L'auteur a constaté en outre que dans les zones affaissées, les plans de glissement vont en convergeant en profondeur. Ces bandes affaissées ont donc la forme de coins, attestant qu'il y a eu effectivement affaissement de la partie enfoncée et non soulèvement des horsts intermédiaires.

Les fractures et failles sont souvent accompagnées de retroussements ; ou bien après formation de la faille, la poussée tangentielle a agi de nouveau en plissant les segments disjoints.

Certaines failles sont recouvertes transgressivement par le conglomérat tertiaire jurassien ; elles seraient donc antérieures à cette formation. L'affaissement rhénan étant d'âge oligocène et le Jura septentrional ayant été terre ferme à cette époque, la formation de ruptures antérieures au Miocène supérieur s'explique sans peine. Le dernier plissement du Jura est postmiocène ; il a coïncidé avec le recouvrement sur le bord sud du Jura tabulaire et le plissement des segments faillés de celui-ci.

Randen et Jura souabe. — Les excursions de la Société géologique du Haut-Rhin ont eu lieu en 1900 dans la région du **Jura au S de la Forêt-Noire**, entre Donaueschingen et le Randen. M. F. SCHALCH [1] qui en avait la direction en a donné un compte-rendu très complet. Les résultats ont surtout un intérêt stratigraphique, nous y reviendrons dans la 4me partie. Au point de vue tectonique cette région a une structure extrêmement simple. On y distingue le Trias, dès le Muschelkalk, le Lias, le Dogger et le Malm, tous souvent très fossilifères et couverts localement de dépôts miocènes (Mollasse marine helvétienne et calcaire à *Helix* œningien). Les

[1] Dr F. SCHALCH. *Ber. über die 33 Vers. des Oberrh. geolog. Vereins in Donaueschingen.* Excursionen 19 u. 21-22 April 1900. 23 p. 1 pl.

Digitized by Google

couches sont généralement horizontales ou peu inclinées avec plongement S, coupées seulement de distance en distance de failles, avec rejet sensiblement vertical (voir 4me partie pour les données stratigraphiques sur cette région).

Nous devons à M. J. Weber [2] une description de la géologie du **Höhgau** (Hegau). Le Höhgau est nettement caractérisé comme une zone d'affaissement. Les centres d'éruption se trouvent soit dans son intérieur, soit sur les bords. Quelques éruptions sont même en dehors de la région affaissée proprement dite. On connaît les deux zones éruptives principales, l'une phonolitique et l'autre basaltique, qui s'alignent suivant deux tracés parallèles allant du N au S.

Ce travail, accompagné d'une carte géologique au 1 : 50000, construite en partie d'après les levés de Schalch et Fraas, constitue un excellent résumé de la géologie de cette intéressante région et un guide pour celui qui voudra la parcourir.

L'auteur énumère les points d'éruption tant basaltiques que phonolitiques et décrit les roches qui les composent et les minéraux constitutifs de celles-ci.

Il est intéressant de constater que le gisement de gypse au pied du cône de Hohenhöwen est bien du Miocène supérieur ainsi que le prouvent les études de Schalch, d'après la présence d'un faunule de mollusques et de restes de vertébrés. Le gypse est très impur et forme plutôt des veines et des filons au milieu de la marne tertiaire ; c'est donc plutôt une marne gypsifère intercalée dans le poudingue miocène supérieur. L'âge des éruptions est certainement postérieur à cette formation, donc pliocène ancien ou miocène tout à fait récent, en tout cas préglaciaire.

Les *tufs basaltiques* reposent en général sur le poudingue miocène à matériaux jurassiens ; ils ont une extension horizontale bien plus grande que le basalte et offrent une stratification souvent inclinée.

Les inclusions non éruptives sont attribuées à deux origines différentes. Les unes proviennent de la profondeur et ont été arrachées des terrains traversés par la cheminée éruptive. Les autres surtout d'origine tertiaire (poudingue) sont le résultat d'un mélange postérieur à l'éruption à la surface même du terrain.

Les *tufs phonolitiques* ont une extension encore plus grande. A la base se voit un mélange intime avec les matériaux pro-

[1] Dr Julius Weber. Ueber die Geologie des Hegau. *Mitheil. naturf. Gesellsch. Winterthur.* II, 1899, 43 p.

Digitized by Google

venant du Tertiaire qui supporte les tufs; ce sont parfois de véritables couches de passage qui semblent indiquer une contemporanéité au moins partielle des éruptions avec les dépôts Miocènes supérieurs. Cela paraît ressortir en particulier de la présence de coquilles terrestres dans certains tufs phonolitiques, en particulier d'une espèce de *Helix* déterminée comme *Helix sylvana*, bien que d'une manière non définitive.

L'auteur consacre encore un chapitre aux effets de l'invasion glaciaire et admet, d'après Penck, trois glaciations avec leurs moraines et leurs graviers fluvioglaciaires. Plusieurs cours d'eau ont subi à la suite d'obstructions morainiques ou glaciaires des dérivations temporaires ou définitives.

Enfin, il relate les recherches qui ont conduit à la constatation que la grande source de l'Aach est bien en relation avec des pertes du Danube entre Immendingen et Möhringen.

2e PARTIE. — MINÉRALOGIE ET PÉTROGRAPHIE

par H. SCHARDT.

Minéralogie.

Minéraux. — La présence de **Brookite** (TiO_2) dans un schiste cristallin du Bristenstock a été constatée par MM. PEARCE et FORNARO[1]. Ce minéral, en cristaux aplatis de 2-3 cm., sur 2 mm. d'épaisseur, est d'une couleur rouge brun. Les cristaux sont associés à du quartz, de l'albite et de l'adulaire. Malgré leurs petites dimensions, il a été possible de faire d'excellentes mesures cristallographiques.

M. BODMER-BEDER [2] a eu l'occasion d'étudier un groupe de **cristaux de quartz** du Val Somvix, dans les Grisons, qui doivent avoir subi une **déformation mécanique** par dislocation. Ils étaient contenus dans une fissure d'environ 7 cm. de large, remplie d'argile ferrugineuse et de brèche quartzeuse. L'examen microscopique a permis de constater que la pression a agi successivement dans deux directions. Elle a produit une sorte de clivage occulte indiqué par des vides, par des inclusions liquides et par des fissures disposés en séries. Ce sont

[1] Note sur la Brookite du Bristenstock. *Eclogae géol. helv.* VI, 1900, p. 501.

[2] BODMER-BEDER. Durch Gebirgsdruck gebogene Quarzkrystalle. *Centralblatt für Min. Geol. u. Pal.* 1900, p. 81-94. 4 fig.

Digitized by Google

les surfaces du rhomboèdre qui ont surtout fonctionné comme plans de glissement. La forme des vides et des inclusions atteste un état *d'agrégation plastique* au moment de la déformation. Il n'y a extérieurement aucune sorte de cassure visible. Les fissures qui se sont formées ont été cicatrisées ensuite par du quartz privé d'inclusions, en sorte que la « déformation sans cassure » n'est que relative.

M. Heim[1] a constaté à Rothenbrunnen, dans une fente thermale, dans les schistes grisons, de la **calcite** concrétionnée et de l'**aragonite** bleu-verdâtre, en cristaux superbes.

M. Schmidt[2] a étudié les **minéraux du Trias** du flanc droit de la vallée de Baltschieder (Valais). Entre Raaft et Rothekuh les terrains reposent en discordance sur des gneiss fortement inclinés. Mais au Steinbruchgraben, la base de ces sédiments est intercalée en forme de coin dans des gneiss avec lesquels ils sont concordants. Leur épaisseur est d'environ 35 m. et ils peuvent se poursuivre sur près de 500 m. Ce sont des calcaires bréchoïdes dolomitiques gris, en partie quartzeux, riches en traînées de séricite. Il y a à la base, en alternance avec la roche dolomitique grise, des cornieules et des schistes chloriteux remplis de pyrite cubique. Plus haut, vers le point 1991 m., la situation est plus nette, mais le contact avec le gneiss n'est pas très tranché à cause des sécrétions de quartz, autant dans le gneiss que dans le calcaire, et de la richesse de ce dernier en mica. Les fissures du calcaire dolomitique renferment de nombreux cristaux de dolomite, calcite, fluorite, célestine, quartz, barytine, adulaire, anatase, blende, galène et tétraèdrite.

Ce sont les cristaux de dolomite qui sont surtout remarquables par leur fréquence et leurs formes parfaites, puis ceux de célestine. La barytine est plus rare, de même que l'adulaire et l'anatase. Cette dernière est entourée d'adulaire et de quartz. Les minéraux métallifères sont particulièrement fréquents dans le voisinage du quartz. L'auteur donne de nombreux détails cristallographiques de ces minéraux et attribue leur formation aux influences dynamométamorphiques qui ont transformé le calcaire dolomitique, en le recristallisant et en l'injectant de quartz. Ce gisement est comparable

[1] *C. R. Soc. helv. sc. nat. Thusis.* 1900. *Archives* X, p. 401. *Eclogae geol.* VI, p. 493.

[2] C. Schmidt. Mineralien aus dem Triasdolomit des Baltschiederthals. *N. Jahrb. für Min. Geol. u. Pal.* 1900. I, p. 16-21.

Digitized by Google

à ceux du Binnenthal et de Campo-lungo qui se trouvent également dans une dolomite d'âge triasique.

M. Hugi[1] a trouvé dans les dépôts détritiques, à la limite du Flysch et des couches de Wang, sur les pâturages de Jänzimatt et Fontana-alp (Klippes de Giswyl) des concrétions sphéroïdales de baryte. Il rappelle que M. Balzer[2] a décrit des formations analogues de Riedernalp (Oberland bernois). Elles sont sphériques, ovoïdes, quelquefois glandulaires, ayant 2-15 cm. de diamètre. Extérieurement, il y a quelquefois une couche corticale de 1-2 mm. d'épaisseur, elle est plus tendre (H=1,5) que l'intérieur (H=3-3,5) qui a un poids spécifique de 3,8-3,9.

Quelquefois il y a une couche extérieure à structure fibro-rayonnante qui se compose de cristaux prismatiques en majorité et d'autres cristaux à clivage rhomboïdal avec un remplissage sombre. Elle paraît composée de sulfate de baryte et de calcite.

Une couche plus profonde est formée par une masse homogène noire, qui a une structure cristalline enchevêtrée avec un remplissage foncé. Elle se compose aussi de baryte et de calcite; le reste serait de l'argile, indiqué par SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3. A l'intérieur des concrétions se trouve un noyau à ramifications rayonnantes en forme d'étoile; c'est évidemment une sécrétion ayant rempli des fissures de contraction. La composition est aussi formée de calcite et de baryte. Rien ne permet d'élucider pour le moment dans quelles conditions ces concrétions se sont formées.

M. J. Erb[3] a constaté la présence de la **fuchsite** dans un marbre intercalé aux schistes des Grisons entre Buccarishuna et Luscharia (Grisons). Ce minerai forme des traînées vert foncé dans le marbre. La fuchsite forme des écailles ayant au plus 1 mm. sans délimitation cristallographique. Les paillettes sont souvent courbées et cassées par la pression que la roche a subie.

La couleur est franchement vert emeraude. a = bleu-verdâtre, b = vert-jaunâtre, c = vert-bleuâtre. LE = 60-63°. L'analyse qualificative a permis de constater la présence de

[1] E. Hugi. Klippenregion von Giswyl, *loc. cit.*, p. 31.

[2] A. Baltzer. Notiz über ein Mineralvorkommen im Berneroberland. *Mitteil. Naturf. Ges. Bern.* 1897.

[3] J. Erb. Ein vorhommen von Fuchsit (Chromglimmer) in den Schweizer Alpen. *Vierteljahrsschr. naturf. Gesellsch. Zurich.* 1898, t. 43, 270-378.

Digitized by Google

chrome. C'est la première fois que la fuchsite a été constatée in loco dans une roche des Alpes suisses.

Météorites. — M. Edm. v. Fellenberg [2] a relaté l'histoire et la découverte d'une **météorite** près de Rafrütti, 1027 m., dans le ravin occidental du Mumpbach sur Langnau (canton de Berne). La découverte date de 1886, où dans un terrain en défriche on mit au jour, à une profondeur de 30 cm., un fragment d'une grande masse de fer de forme sphéroïdale, pesant 18 kg. 200. Le terrain appartient à une nappe glissante et le gisement ne correspond donc probablement pas à l'endroit où la météorite s'est enfoncée dans le sol. Cet objet fut considéré pendant longtemps comme un fragment d'un *projectile d'artillerie*, datant de la guerre du Sonderbund.

L'extérieur est brunâtre couvert de petites excavations ; l'intérieur offre une couleur gris-blanc métallique. C'est bien une météorite, ainsi que le prouve déjà sa composition, dans laquelle une analyse qualitative a fait reconnaître, outre le fer qui en forme la majeure partie, une assez forte proportion de nikel, puis du cobalt, du phosphore et un peu de soufre.

La date de la chute doit remonter au mois d'octobre 1856, au dire de divers habitants de la région qui affirment en outre avoir eu connaissance d'une explosion qui se serait produite dans l'atmosphère dans la direction du Napf. L'auteur nous promet une étude plus complète sur cette intéressante trouvaille.

GITES MÉTALLIFÈRES

M. Heim [3] a démontré que le **minerai de fer du Gonzen** sur Sargans ne gît nullement dans le Dogger (Blegi-oolith) comme on l'a cru jusqu'ici, mais appartient au Malm moyen (Séquanien) (voir 4e partie de cette *Revue*).

C'est de l'hématite compacte mêlée d'une proportion variable de Magnétite et de parties manganésifères. La teneur en fer est de 50-60 % et n'offre pas de trace de structure oolithique. Il est donc très différent des autres minerais de fer des Alpes glaronnaises.

Il contient en outre comme formation accessoire : Baryte,

[2] Der Meteorit von Rafrütti. Vorläufige Mitteilung. *Centralblatt für Min. Geol. u. Pal.* 1900, u. Separatabdruck aus dem *Bund*, No 220. 10 août 1900.

[3] A. Heim. Ueber das Eisenerz am Gonzen, sein Alter u. seine Lagerung. *Vierteljahrssch. Naturf. Gesellsch. Zurich.* XLV. 1900, p. 183-198. 1 pl.

Digitized by Google

fer, oligiste, fluorite, chlorite, minerais et manganèse, soit hausmanite, rhodochrosite et wiserite (rhodochroïte).

Localement il y a 90 % de magnétite compacte; ailleurs c'est l'hématite compacte qui prédomine, souvent aussi le calcaire est fortement mélangé au minerai de fer. L'épaisseur de la couche peut atteindre 1 1/2 m.

Au point de vue tectonique, le Gonzen forme un pli renversé vers l'ouest. Le fer a été constaté soit dans le flanc supérieur normal, soit dans le flanc moyen renversé, entre les altitudes de 1250 et 1450 m. Le sommet du Gonzen coïncide avec le faîte de l'anticlinal. Localement il y a chevauchement du flanc normal sur le flanc renversé, le long de la ligne de faîte de l'anticlinal.

La surface du gîte métallifère peut être estimée à 400 000-500 000 m², soit environ 1 500 000 tonnes de minerai.

MM. TARNUZZER, NUSSBERGER et LORENZ[1] ont été chargés par le gouvernement des Grisons de rédiger une notice sur les **gisements métallifères du canton des Grisons**.

Cet opuscule est précédé d'une introduction historique de M. Lorenz. Les gisements métallifères grisons ont fait l'objet de nombreuses tentatives d'exploitation et leur étude au point de vue technique et géologique est fort avancée, ainsi que le prouve une liste bibliographique de 22 publications.

Le présent rapport constate que ces gisements se trouvent pour la plupart dans le *Trias moyen* et *supérieur*, ainsi que dans les *schistes grisons* (schistes lustrés) qui sont en grande partie liasiques. Il s'agit surtout de minerais de fer, de plomb et de manganèse, puis de zinc et d'argent. Le cuivre n'est que peu représenté. Une seule mine offre de l'or. La perspective de la reprise de leur exploitation se base surtout sur la construction de lignes de chemins de fer et la création de forces motrices hydrauliques.

Voici la liste des principaux gisements décrits:

1. La mine d'or, dite Goldene-Sonne au *Calanda* est située à 1312 m. et présente l'or natif dans des filons de quartz et de calcite traversant le Jurassique moyen. L'or se rencontre là parfois en petits octaèdres, mais le plus souvent en paillettes ou enduits. La proportion de l'or dans le minerai extrait est de 16,6 gr. par tonne. Il faut remarquer encore que la pyrite qui accompagne le filon ne contient point d'or,

[1] Notice sur quelques gisements métallifères du canton des Grisons. *Coire. Imprimerie Fiebig*, 1900. p. 47. 3 pl.

Digitized by Google

alors que dans d'autres gisements c'est précisément la pyrite qui est aurifère.

2. *Val Sourda*, entre Bonaduz et Versam (Rhin sup.). C'est un gisement de fer dans le Jurassique moyen, situé à 900 m. d'altitude. Le schiste brun rouge est fortement imprégné d'hématite.

Le *Val Puntaiglas*, sur Truns, a encore fourni du minerai de fer magnétique.

3. Sur l'*Alpe Schmoras*, 2726 m., dans le val Nandro (Oberhalbstein), c'est dans les schistes des Grisons et dans les calcaires triasiques que se trouve du minerai de fer hématite et du fer oligiste spéculaire.

4. *Alpe Tisch*, 1860 m. (vallée de l'Albula), filons de fer oligiste spéculaire dans du calcaire triasique. Ces mêmes calcaires renferment aussi du fahlerz et de la chalcopyrite. Sur l'autre versant de la montagne, au Val Platzbi, on a exploité jadis de la sidérose dans des conglomérats quartzeux du Verrucano.

5. Gisements de galène argentifère et de calamine au *Piz Madelein* et du *Val Scarl* (Engadine). Les anciens travaux s'étendent sur une grande partie de la montagne dans le Muschelkalk alpin (Virglorien) et dans la cornieule supérieure du Hauptdolomit, depuis 1900 m. jusqu'à 2100 m. au vallon sauvage appelé Val del Poch.

La gangue de ces minerais associés de limonite est de la barytine ; les filons sont nombreux et assez réguliers et ont donné lieu jadis à une exploitation des plus actives, ainsi le prouve l'extension des travaux souterrains et les vastes ruines des bâtiments métallurgiques. Le but était surtout l'extraction de l'argent.

6. Minerais manganésifère du *Val d'Err* (Oberhalbstein). C'est de la pyrolusite et du psilomélane qui se retrouvent soit au Val d'Err, soit à l'Alpe digl Platz. Le gisement de l'Alpe d'Err est à 2617 m. ; il se trouve dans les schistes avec rognons de silex.

7. Gisements de psilomélane de Falotta au-dessus de *Roffna*, dans des schistes verts et rouge-cerise avec rognons de silex (schistes à jaspes), altitude 2160 m. Ces gisements sont probablement en connexion avec les précédents.

8. Galène et blende du *Silberberg* sur le versant gauche de la *vallée de la Landwasser de Davos*. Ces gisements sont

Digitized by Google

dans le Muschelkalk alpin et dans les calcaires inférieures du Trias, à l'altitude de 1680 m.

9. Galène argentifère et Fahlerz de l'*Alpe Taspin* sur Zillis (Schams). C'est dans la roche bréchiforme, dite Taspinite, considérée par les uns comme une brèche sédimentaire, par d'autres comme un Gneis ou un granite laminé. Altitude des gisements 2160 m. Les minerais sont accompagnés d'une gangue de barytine, peu de chalcopyrite et malachite.

La troisième partie de cette publication donne une série d'analyses dont voici les principaux résultats.

Minerais de fer : Val Sourda, teneur en fer métallique 18,15 %. — Alpe Schmorras, 24,17 %. — Alpe Tisch, 59,61 %. — Val Platzbi, 67,19 %. — Canicul (Val Ferrera), 44,45 % en moyenne.

Minerais de plomb et de zinc : Silberberg, Plomb 70-80 %; zinc, 4-9 %; argent, traces. — Alpe Taspin, plomb 33-38 %; argent 0,21 % en moyenne.

Minerais de manganèse : Psilomélane de l'Alpe Digl Platz : Manganèse 55,55 %; fer 1,20 %.

Fahlerz de l'Alpe d'Ursera : Cuivre 1-3,30 %; argent 0,35-0,935 %.

M. Heim [1] a étudié plusieurs gisements de **minerais des Grisons** (vallée d'Oberhalbstein et d'Avers).

1. *Siderose,* formant des lentilles ou nids dans un schiste porphyroïde. L'éparpillement des gisements en rend l'exploitation difficile.

2. L'*hématite* forme un schiste lustré ferrifère dans les calcaires triasiques marmorisés. Tous les gisements sont malheureusement peu riches.

3. *Minerai de manganèse* en lentilles aplaties, nids et coincements au milieu des schistes grisons. Un des plus riches est celui de Roffna (Oberhalbstein) ; malheureusement il ne saurait fournir un volume constant capable d'alimenter une industrie suivie.

Les **mines d'or d'Antrona** (Val d'Ossola), ont fait l'objet d'un rapport de M. Schmidt [2], constatant que ces exploita-

[1] *C. R. Soc. helv. sc. nat. Thusis.* 1900. *Archives* X. p. 160-161. *Eclogæ* VI, 491-493.

[2] C. Schmidt. Geologisches Gutachten über die Golderzgänge von Antrona. *Basel* 1899.

Digitized by Google

tions ont pour objet près de 15 filons de pyrite aurifère (20 grammes d'or par tonne) intercalés dans du Gneiss du type Gneiss du Tessin, avec un plongement W-SW de 40-60° et une direction S-SE—N-NW.

Le Gneiss est recouvert de schistes amphiboliques formant probablement un synclinal dirigé sensiblement N—S. Une couche de marbre s'intercale localement entre les amphibolites et le Gneiss.

Pétrographie.

Tufs volcaniques. — Les matériaux éjectifs détritiques des volcans éteints du Höhgau ont été étudiés par M. J. Erb[1]. Les matériaux effusifs des volcans forment le plus souvent l'objet des études de prédilection des pétrographes, tandis que les tufs ont été passablement négligés. C'est pour combler cette lacune pour ce qui concerne la région volcanique du Höhgau que l'auteur a consacré plusieurs années de travail à l'étude des dépôts détritiques d'origine volcaniques qui accompagnent ces éruptions tertiaires, tant basaltiques que phonolithiques.

En raison de la décomposition souvent très profonde et complète de ces roches si poreuses, l'étude des tufs volcaniques présente bien des difficultés.

La première partie est relative aux *tufs dépendant des effusions basaltiques*, au nombre de quatre : Hohenhöwen, Hohenstoffeln, Osterbühl et Höwenegg.

Ce sont tantôt des agglomérats de nodules basaltiques, de lapillis, avec des débris scoriacés, tantôt des agglomérats de cendres volcaniques. Outre les matériaux éjectifs volcaniques, il y a çà et là des blocs arrachés aux terrains traversés (granite, Jurassique, Tertiaire).

La stratification est parfois très nette, indiquant des éruptions successives. D'autres fois le tuf est entrecoupé de filons basaltiques.

L'âge de l'éruption est indiqué par les fragments de poudingue miocène à matériaux jurassiens et par l'existence au Höwenegg dans une couche de tuf à débris calcaires de mollusques terrestres du Tertiaire supérieur (*Clausilia antiqua*, *Hyalina cristallina*).

Les dépôts de tuf reposent souvent sur le poudingue mio-

[1] J. Erb. Die Vulkanischen Auswurfsmassen des Högaus. *Vierteljahrs schr. Naturf. Gesellsch. Zürich.* XLV, 1900. 59. p. 1 pl.

Digitized by Google

cène qui a également fourni la plupart des inclusions étrangères.

L'étude pétrographique a permis de reconnaître dans ces tufs les minéraux suivants : Magnétite souvent en beaux octaèdres, bien visibles, en deux générations, à l'intérieur des lapillis vitreux. Spinelles, indéterminables spécifiquement à l'intérieur des cristaux d'olivine, avec de la pérowskite. La présence de l'apatite est incertaine, puis la biotite, l'amphibole et l'olivine ; ce dernier minéral est souvent pseudo-morphosé en serpentine. Il y a de l'augite en cristaux isolés de 2-3 cm., mais le plus souvent en très petits cristaux, dans les lapillis vitreux. La mélilite est toujours décomposée par pseudomorphose et contient souvent des microlites d'augite. La néphéline, contient comme la mélilite souvent de l'augite et de la magnétite.

L'étude pétrographique porte autant sur les tufs que sur les lapillis et les bombes volcaniques des divers gisements. La composition chimique et minéralogique de ces dernières se rapproche beaucoup de celle du basalte lui-même. Dans les débris à structure poreuse et scoriacée la décomposition est beaucoup plus avancée. A l'exception de l'augite, de la magnétite et de la pérowskite, tous les minéraux sont pseudomorphosés.

Il n'est pas possible de fixer l'âge relatif des minéraux les plus anciens qui sont la magnétite, la pérowskite et les spinelles. La biotite leur est postérieure ; ensuite vient l'olivine, suivie de la mélilite, de l'augite et de la néphéline. La cristallisation de la mélilite n'était pas encore achevée au moment de la déflagration et n'avait peut-être pas encore commencé. Quant à l'augite, elle doit avoir en partie préexisté dans le magma (les grands cristaux trouvés isolés) ; les petits cristaux ne se sont formés qu'après l'éjection. Il y a passage insensible entre les minéraux d'origine intratellurique et ceux datant de la phase éjective, parce que probablement la cristallisation a continué pendant l'ascension dans la cheminée pour s'achever pendant l'éruption, tandis que certains cristaux de formation intratellurique ont subi une active résorption magmatique, tels l'olivine, la mélilite, l'amphibole et la biotite qui ont même en partie entièrement disparu. La structure vitreuse ne se trouve que chez les petits lapillis, les bombes sont ordinairement holocristallines.

La décomposition et la cimentation des matériaux de déflagration sont deux actes qui s'enchaînent. La mélilite, la néphéline et l'olivine se détruisent les premières. L'augite résiste

Digitized by Google

le plus longtemps avec la magnétite, les spinelles et la matière vitreuse. La décomposition amène la formation de carbonates, de limonite et d'opale. La calcite prédomine dans le ciment.

La seconde partie de l'étude de M. Erb traite des *tufs des effusions phonolitiques*. Leur extension horizontale est plus grande que celledes tufs basaltiques ; ils forment une véritable nappe autour des points d'éruption. Leur consistance est aussi plus grande, si bien qu'on peut en utiliser certaines variétés comme pierre de construction.

Leur disposition montre une stratification grossière, irrégulière indiquée par les variations dans le grain. Leur couleur se meut dans les teintes du gris. Des inclusions étrangères sont fréquentes. L'étude porte essentiellement sur les gisements du Hohentwiel, du Heilsberg, du Rosenegg, etc.

Les lapillis et les bombes ont permis d'y reconnaître les minéraux suivants : magnétite, pérowskite, pyrite, apatite, néphéline, mélilite, olivine, amphibole brune, augite, biotite brune ; plus rarement de la noséane, du quartz et du feldspath (orthose et plagioclase) ; ces derniers sont évidemment étrangers.

La structure est toujours holocristalline, les restes de matière vitreux, s'il y en a, sont toujours décomposés. Le même fait se reproduit chez les *bombes à augite et amphibole*, dont l'analogie de composition avec les bombes basaltiques est frappante.

On trouve aussi dans les tufs des fragments de phonolite identique à celle des coulées et qui ne sont conséquemment pas des bombes proprement dites.

Le ciment renferme toujours en prédominance de la calcite et quelquefois de l'opale.

La composition avec les basaltes conduit à établir le tableau suivant des composants (p. 31) :

La composition des bombes se rapproche davantage de celle du basalte à mélilite que de celle de la phonolite qui en est pourtant le berceau; ce n'est que la présence d'augite et de biotite en grands cristaux qui constitue une différence. Les matériaux de déflagration pourraient donc être attribués à des éruptions différentes de celles des laves phonolotiques, en admettant une marche ascensionnelle plus rapide ayant précédé celle des phonolites. On pourrait de ce chef considérer les phonolites et les basaltes à mélilite comme résultant par différenciation d'un seul et même magna.

Digitized by Google

Phonolites du Hohgau.	Petite bombes des Tufs phonolitiques.	Basalte à mélilite du Hohgau.
Magnétite	Magnétite	Magnétite
—	Perowskite (Spinell?)	Perowskite et Spinell
Mélanite	—	—
Noséane et Hanyn	?	—
Leucite	—	—
Zircone	—	—
—	Mélilite	Mélilite
Apatite	Apatite	Apatite
Néphéline	Néphéline (rare)	Néphéline
—	Olivine (rare)	Olivine
Diopside	—	—
Augite-Aegirine	Augite-Aegirine	—
Aegirine	—	—
—	Augite basaltique	Augite basaltique
Amphibole (rare)	Amphibole	Amphibole (rare)
Biotite	Biotite	Biotite
Titanite	Titanite (seulement dans les nodules augitiques).	—

Un grand intérêt réside dans la détermination des innombrables débris de roches cristallines énallogènes, en raison des indications qui en découlent sur la composition de l'épaisseur de l'écorce terrestre traversées par les cheminées éruptives.

Il a été constaté : Un fragment de syénite éléolitique, des granites à deux micas, granite à biotite et amphibole, aplites, syènites micacées, diorites, kersantites, gneiss à biotite et micaschistes, amphibolite grenue.

Toutes ces roches appartiennent au groupe de roches granito-dioritiques analogues à celles qui forment le massif de la Forêt-Noire. Elles présentent souvent les traces de l'effet de la compression qui caractérisent également les roches de ce massif. Elles offrent des traces de métamorphisme de contact analogues à ce qui se voit sur des roches en place au contact avec d'autres roches éruptives basiques.

Roches métamorphiques. — M. SAUER[1] a entrepris des études sur les **Gneiss et leurs origines** en vue d'élucider la question du **Gneiss d'Innertkirchen**. L'auteur fait précéder une série de considérations sur la présence de la structure cristalline chez des roches d'origine clastique d'âge archéique, de même aussi de la structure schisteuse chez des roches d'origine ignée. Il est possible de distinguer les gneiss en *gneiss sédimentaires* et en *gneiss éruptifs*, en éliminant natu-

Digitized by Google

rellement les roches sédimentaires auxquelles le métamorphisme de contact a pu imprimer une structure cristalline tout à fait semblable. Mais d'autre part, on ne peut pas mettre en doute que des sédiments qui se trouvent à une grande profondeur, soumis à la chaleur souterraine, en présence d'eau surchauffée, et sous une surcharge considérable doivent subir une recristallisation, une métamorphose statique, tout à fait semblable à celle du métamorphisme de contact. La structure cornéenne (Hornfelsstruktur) doit donc se rencontrer aussi là d'une manière plus ou moins analogue, bien que l'action fût moins violente, moins intense et plutôt calme, mais d'autant plus prolongée. La structure cornéenne des roches de contact est plutôt massive allant jusqu'à la vitrification, tandis que celle des roches de la seconde catégorie est plus grenue, schisteuse-onduleuse ou schisteuse-écailleuse. La présence d'alternances de quartzites, de calcaires, de matières charbonneuses est, chez les deux, aussi très significative.

Les *gneiss éruptifs* n'offrent précisément pas cette structure cornéenne, ni les intercalations citées ; leur structure est plutôt hypidiomorphe grenue et ils ont une composition plus uniforme passant souvent à des variété tout à fait granitoïdes. Mais il faut distinguer ici trois influences tout à fait indépendantes qui peuvent avoir produit la structure parallèle. Beaucoup de roches éruptives à structure gneissoïde ont eu une structure parallèle primaire (structure fluidale) ; d'autres l'ont acquise par une compression à l'état de consolidation incomplète (protoclase) produisant aussi une sorte de structure fluidale, d'autres enfin ont subi un écrasement après solidification complète (cataclase).

Avec ces données et les moyens de les reconnaître la classification des gneiss alpins se fera bien plus sûrement que jusqu'ici.

Le gneiss d'Innertkirchen est une roche éruptive et nullement un sédiment ; cela ressort en particulier de la structure souvent granitoïde, même porphyroïde et de la présence d'*inclusions étrangères*. Même la cataclase très intense, accompagnant la structure schisteuse des gneiss d'Innertkirchen, n'a pas détruit ce caractère. Les inclusions sont soit du quartz, des fragments anguleux de schistes à biotite ou à grenats, de marbre et cornéennes à silicates de chaux (gre-

[1] Prof. Dr A. Sauer. Geologische Beobachtungen im Aarmassiv. *Sitzungsber. k. preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin.* XXXIV. 5. Juli 1900. 13 p.

Digitized by Google

nats, augite, amphibole, scapolite, calcite, titanite, avec quartz et plagioclase). Au col de Susten il y a même une roche à wollastonite avec idocrase, pyroxène brunâtre et grenat. Si la roche encaissante est peu modifiée par la compression, l'entraînement des fragments étrangers dans le magma éruptif est hors de doute, comme par exemple près de Aussere Urweid. Dans le granite d'Innertkirchen, où la roche ambiante a subi une forte compression, de même aussi les inclusions, M. Baltzer voit dans ces inclusions le résultat d'un entraînement mécanique par dislocation, tandis que M. Sauer les considère comme des fragments englobés par le magma encore fluide et ensuite soumis à la compression.

M. L. Duparc [1] a étudié plusieurs types de **schistes cristallins des Alpes**, en particulier les schistes de Casanna, dont plusieurs variétés sont caractérisées par la présence de chloritoïde en grands cristaux maclés.

Schistosité et déformation des roches. — M. Heim [2] a étudié des phénomènes particuliers de **schistosité** secondaire **du gneiss** qui se fend en grandes plaques obliquement ou transversalement à la structure parallèle ordinaire. Ces plans de séparation correspondent à des zones d'écrasement et de lamination coupant les multiples replis du gneiss, toujours sur le même parcours par un écrasement manifeste du flanc moyen, d'où résultent des plans parallèles de moindre cohésion et la division du gneiss en plaques. Il en découle en outre que ces plans de séparation coïncident naturellement toujours avec les points où le plissement du gneiss subit un changement de courbure, où un contour convexe passe à un contour concave. Lorsque la pression est dirigée symétriquement par rapport aux ondulations du gneiss, alors il peut se former des plans de glissement sur chaque point, où un changement de courbure a lieu, sinon cela ne se produit qu'alternativement. Les replis se développent alors d'après le sens de la poussée en forme de plis déjetés ou couchés, avec flanc moyen laminé, amenant en petit à de véritables chevauchements.

Ces mêmes phénomènes se retrouvent aussi chez le **calcaire dolomitique** (Rötidolomit) et les schistes bariolés (Quartenschiefer) du Trias.

[1] *C. R. Soc. phys. et hist. nat. Genève.* Séance du 15 mars 1900. *Archives*, IX, p. 486.

[2] A. Heim. Gneissfältelungen in alpinem Centralmassiv. Ein Beitrag zur Kenntniss der Stauungsmetamorphose. *Vierteljahrsch Naturf. Ges. Zurich.* XLV. 1900, p. 205-220, 2 pl.

Digitized by Google

On constate en outre que l'intensité de la déformation mécanique de la structure n'est pas toujours en rapport avec l'intensité de la transposition moléculaire. Des roches fortement déformées ne sont souvent que peu recristallisées. Cette transformation de la structure et des minéraux est indépendante de la roche, mais elle est liée à l'endroit où le phénomène se produit. Point très important à relever: la métamorphose par compression et lamination est une action indépendante de la métamorphose par recristallisation.

La simple déformation structurelle se produit, d'après d'innombrables exemples, surtout dans les régions où la masse rocheuse a subi un travail intérieur — écrasement, lamination, etc. La recristallisation est plus fréquente là où les roches ont supporté pendant longtemps une pression statique sans déformation, par exemple, à l'intérieur de noyaux synclinaux. Alors le travail métamorphosant s'est traduit par une recristallisation. La roche prend une structure plus massive, alors que dans l'autre cas elle devient plutôt schisteuse !

Dans le cas de recristallisation par pression statique, il se produit des minéraux denses, saussurite, zoïsite, grenat, rutile, sillimanite, disthène, staurolite, etc.; dans l'autre ce sont des minéraux qui par leur forme facilitent le mouvement, tels que séricite, chlorite, talc, etc.

La pression statique peut agir aussi par suite de la simple surcharge croissante, donc la métamorphose par recristallisation ne doit pas se rencontrer exclusivement dans des contrées très disloquées.

L'influence des eaux souterraines, de l'eau de carrière, est évidente, puisque nombre des minéraux régénérés sont hydratés. Cependant M. Heim ne croit pas à la nécessité absolue de l'eau dans ces phénomènes; c'est cependant un agent facilitant les transformations moléculaires. La pression énorme qui existe dans les grandes profondeurs et qui doit produire la plasticité latente, peut aussi amener une recristallisation sans l'intervention de l'eau.

Un supplément à cette étude, dû à M. ALLENSPACH[1], décrit plusieurs tranches minces de **dolomite** et de **schistes triasiques**, dont il indique la composition minéralogique. Le schiste argileux micacé se compose surtout de mica incolore à verdâtre (muscovite); il y a en outre du quartz, comme sécrétion, formant des remplissages, du rutile et des oxydes de fer (héma-

[1] G. ALLENSPACH. Dünnschliffe von gefältelten Röthidolomit-Quartenschiefer am Piz Urlaun. *ibid.* p. 227-237.

Digitized by Google

tite, limonite) et de la pyrite. La roche présente d'innombrables petits replis. Le quartz présente souvent une extinction onduleuse, donc il s'est formé pendant la compression et en a subi l'influence.

Le calcaire dolomitique a une structure microscopique panidiomorphe grenue qui donne évidemment aux éléments de la roche une certaine mobilité. Dans les parties fortement laminées se montre une structure parallèle ; les grains cristallins s'allongent et s'applatissent sans se briser — ils n'ont fait que changer de forme. Il y a en outre de l'hématite qui s'accumule surtout dans les parties laminées. Au contact des sécrétions de quartz il y a des cristaux de dolomite.

L'auteur a prêté une attention spéciale aux sécrétions de quartz qui remplissent les espaces entre les feuillets schisteux, surtout aux parties recourbées, tandis qu'il n'y a pas de quartz dans les zones de lamination. Ce quartz est composé d'éléments cristallins, dont l'allongement dans le sens de l'axe *c* est ordinairement dirigé dans le sens de la moindre pression. Ces cristaux sont aussi recourbés et cela d'une manière asymétrique des deux côtés d'un même repli. L'extinction onduleuse est fréquente. En conclusion l'auteur constate que le refoulement horizontal n'a été éteint que très lentement par les divers phénomènes, tant mécaniques que chimiques, influencés par la composition de la matière en jeu. Des fissures béantes ne pouvaient pas se former, elles furent comblées au fur et à mesure par des sécrétions.

L'origine des **schistes ardoisiers** a été définie par M. ALB. HEIM[1]. Les argiles qui sont le point de départ des schistes, contiennent ordinairement SiO_2 45-75 %, Al_2O_3 12-25 % plus une proportion variable d'autres substances. Les argiles primitives se composent de débris de minéraux ; ce sont des roches détritiques dont les éléments n'adhèrent que par suite de leur petitesse. Le degré de transformation en roches schisteuses permet d'établir la série suivante : argiles, argiles schisteuses, schistes argileux micacés (phyllades), schistes micacés. La transformation se fait par rapprochement croissant des particules et par recristallisation, en suite de quoi le poids spécifique s'élève jusqu'à 2,95 ; en même temps la dureté devient aussi plus grande.

L'auteur met en évidence les circonstances qui peuvent donner aux roches une structure feuilletée.

[1] A. HEIM. Die Entstehung u. die Struktur der Tonschiefer. *Mitteil. Materialprüf. Anstalt. Zurich*, I. 3e édition, 1899.

Digitized by Google

Ce sont :

I. *La stratification plaquetée* (fausse schistosité).

II. *Vraie schistosité, a) Schistosité primitive* par sédimentation de limons argileux riches en éléments écailleux. *b) Schistosité par surcharge*, produite pendant la consolidation par l'épaisseur croissante des sédiments superposés. Elle est nécessairement parallèle à la stratification. *c) Schistosité par compression et par écrasement* (clivage). La direction est indépendante de la stratification ; elle peut traverser sans déviation des couches repliées (schistosité transversale). L'étirement linéaire produit une seconde fissilité (longrain) qui conduit parfois à la formation de prismes quadrangulaires. Il est évident qu'une roche avec longrain prononcé ne fournira pas de bons schistes ardoisiers. Deux pressions successives dans deux directions différentes auront le même résultat.

III. *Schistosités combinées*. Les diverses causes de la schistosité peuvent naturellement agir isolément ou se combiner. Dans ce dernier cas leur action peut *se superposer parallèlement*, alors on ne peut guère distinguer ce qui en revient à chacune dans la production de la schistosité. Ce seront les meilleurs schistes ardoisiers. Ou bien les deux schistosités *sont orientées différemment ;* dans ce cas, le produit n'est qu'une mauvaise ardoise, excepté le cas peut-être que la seconde action, bien plus intense que la première, a complètement effacé l'effet de celle-ci.

L'auteur cite des exemples à l'appui de chacune de ces catégories.

Mentionnons une étude de M. Rothpletz [1] qui décrit un phénomène très fréquent dans les roches de nos Alpes, la présence de veinules zigzaguées traversant les calcaires et dont le parcours est marqué par une pellicule argileuse ou ferrugineuse. Il les nomme **sutures de compression** (Drucksuturen) et les attribue à la compression ayant produit sur un certain plan traversant une roche une dissolution de matière sous l'influence de l'eau de carrière. Le carbonate a été enlevé et s'est sécrété sur un point à pression moindre, tandis que la matière argileuse est restée sur place. La démonstration de ce phénomène est admirablement fournie lorsque les

[1] A. Rothpletz. Ueber eigenthümliche Deformation jurassicher Ammoniten durch Drucksuturen und deren Beziehungen zu den Styloliten. *Sitzungsber. Math. phys. Cl. Bayr. Akad. d. Wiss.* XXX. 1900. p. 3-32.

Digitized by Google

sutures de compression traversent un fossile ; alors on constate que la forme de celui-ci semble modifiée, non pas par étirement, comme cela est si fréquent dans des couches laminées, mais par *disparition* d'une partie du fossile dont la matière a été dissoute de part et d'autre de la suture. Les sutures de compression n'ont rien de commun avec les stylolites qui sont un phénomène purement mécanique, ayant atteint les roches avant leur consolidation complète, même dans les régions les moins disloquées. *Les sutures de compressions sont propres aux roches calcaires fortement bouleversées, donc comprimées.*

Composition du sol arable. — M. CHUARD[1] a fait une étude sur la composition du **sol des pâturages du Jura.** Il constate en particulier que ces terres arables se distinguent par l'absence souvent totale du carbonate de chaux dans la couche superficielle et la très forte proportion de matières organiques, en majeure partie non encore humifiées. Voici l'analyse d'un terreau du coteau de Bullet (flanc du Chasseron) :

Calcaire au calcimètre	zéro.
Matières organiques totales.	10.70
» » solubles	3.84
Azote total	0.840
Chaux combinée	2.490
Magnésie.	1.110
Potasse	0.063
Acide phosphorique	0.210

La proportion assez forte de chaux combinée montre que ces terres renferment l'humus à l'état normal, combiné à la chaux et non acide. De telles terres pourraient s'améliorer notablement en y ajoutant de la marne.

[1] *Bull. Soc. vaud. sc. nat.* XXXVI, 1900. *Proc. verb.* p. XXXIV.

Digitized by Google

3e PARTIE. — GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

par Ch. Sarasin.

Actions et agents externes.

Sédimentation.

M. le professeur Heim [1] a fait de 1897 à 1899 des expériences sur le dépôt de la vase dans le **lac des Quatre-Cantons.** Il a déposé le 12 avril 1897 deux caisses métalliques sur le fond vaseux du lac, l'une un peu en amont du Grütli, à 200 mètres de profondeur, loin de toute embouchure de torrent, l'autre entre le delta de la Muotta et la moraine sous-lacustre qui se trouve en aval.

Ayant retiré ces caisses le 7 avril 1898, M. Heim constata dans la première un dépôt de 15 mm. d'épaisseur, qui se réduisit par dessication à 3,8 mm. Il s'est donc déposé en un an une quantité de vase correspondant à 1.91 gr. de vase humide, soit 0,95 gr. de vase sèche par centimètre carré. D'après ces chiffres et d'après la surface de la plaine du lac d'Uri, l'on peut admettre que la quantité de vase déposée pendant le même temps dans l'ensemble de ce bassin représente au moins 154 650 m³ de vase humide correspondant à environ 40 000 m³ de vase sèche.

La quantité de vase déposée pendant la même durée vers l'embouchure de la Muotta est beaucoup plus grande, mais elle est certainement anormale et a été considérablement exagérée par les travaux qui étaient effectués pendant l'été 1897 sur le cours de la Muotta, comme il est facile de s'en convaincre en comparant les premiers chiffres obtenus avec ceux de la période d'observation suivante. M. Heim a constaté ici entre le mois d'avril 1897 et le mois correspondant de 1898 le dépôt d'une couche de 8 cm. de vase compacte et nettement rubannée par la superposition de 6 à 8 zônes de teintes un peu différentes ; cette couche s'est réduite par dissication à une épaisseur de 28,6 mm. Il s'est donc déposé

[1] A. Heim. Der Schlammabsatz am Grunde des Vierwaldstättersees. — Vierteljahrsschrift d. naturf. Ges. Zürich. Mai 1900, p. 165. — Voir aussi Bericht der Fluss-Commission über das Jahr 1899-1900. *Verh. der Schweiz. naturf. Ges.*, 1901, p. 171.

Digitized by Google

dans le bassin de la Muotta 12,66 gr. de vase humide, soit 7,14 gr. de vase sèche par cm.^{2}.

Une seconde période d'observation s'étend du 7 avril 1898 au 12 septembre 1899 ; malheureusement la caisse placée en amont du Grütli ne put être retirée par suite de la rupture du cable. Quant à la deuxième caisse, après cette période d'observation beaucoup plus longue que la première, elle renfermait une couche de vase de 15 mm. environ d'épaisseur seulement et ce dépôt une fois desséché ne représente que 0,71 gr. par cm.^{2}.

M. Früh, qui a étudié ces vases au microscope, a constaté une très grande analogie entre celles du bassin de la Muotta et celle des environs du Grütli ; toutes deux sont formées en grande partie par des particules de 0,001 à 0,0075 mm. de diamètre ; les éléments de 0,015 mm. et plus sont déjà relativement rares et les plus gros atteignent à peine 0,1 mm. de diamètre. La vase contient des débris de plantes macérées et, en petite quantité, des coquilles vides de diatomées.

D'après M. Grubenmann, la composition minéralogique des deux vases est très semblable ; toutes deux sont formées en grande partie d'éléments argileux et calcaires ; le quartz s'y trouve en quantité plus faible et, comme éléments peu abondants, on y voit des prismes de tourmaline, des aiguilles de rutile et de petits grains de hornblende chloritisée et de biotite.

Les analyses quantitatives, faites par M. Schudel, ont donné les résultats suivants :

Lac d'Uri.				Bassin de la Muotta.			
Comp. minéralogique.		Comp. chimique.		Comp. minéralogique.		Comp. chimique.	
$CaCO_3$	28.44	SiO_2	41.20	$CaCO_3$	33.24	SiO_2	39.16
Pyrrothine	0.39	Al_2O_3	11.32	$MgCO_3$	0.10	Al_2O_3	13.51
H_2O	2.44	TiO_2	1.28	Pyrrhotine	0.34	TiO_2	0.94
Caolin	37.54	Fe_2O_3	5.68	H_2O	1.46	Fe_2O_3	2.61
Mica	6.28	P_2O_5	0.31	Caolin	36.99	P_2O_5	0.29
Quartz	23.63	CaO	16.48	Mica	5.62	CaO	18.80
Titanite	1.28	MgO	1.90	Quartz	21.30	MgO	1.88
		CO_2	12.52	Titanite	0.95	CO_2	14.67
		K_2O	2.42			K_2O	2.19
		Na_2O	0.96			Na_2O	0.61
		Cu	0.14			Cu	0.07
		Fe	0.10			Fe	0.14
		S	0.15			S	0.13
		Perte au feu	5.54			Perte au feu	5.00
	100.00		100.00		100.00		100.00

Digitized by Google

Cette étude comparative des deux vases est très intéressante par l'analogie très marquée qu'elle révèle entre elles quoique la Reuss et ses principaux affluents prennent leur source dans une région essentiellement cristalline, tandis que la Muotta coule dans une région formée par les calcaires et les marnes du Jurassique, du Crétacique et de l'Eocène.

Erosion et Corrosion.

Il est intéressant de signaler dans ce chapitre un travail qui ne se rapporte pas spécialement à notre pays, mais présente un grand intérêt au point de vue de la géophysique des Hautes-Alpes en général.

M. Richter [1] a étudié en détail les **Kahrs** (kaars ou kars) et en général les phènomènes d'érosion dans les régions élevées.

Les Kahrs sont de vastes niches au fond plat et aux bords abrupts en forme de demi-cercle, s'ouvrant vers l'aval sur un talus à forte déclivité. Le fond en est poli et moutonné, souvent recouvert de moraines, parfois d'alluvions ; il peut présenter une contre-pente et former par suite le bassin d'un petit lac. Bon nombre de Kahrs sont occupés encore de nos jours par des glaciers ou des névés et ceux qui ne le sont plus, l'ont certainement été à une époque plus ancienne.

Comparant les Kahrs au phénomène analogue des **Botner** de Norvège, M. Richter attribue les uns et les autres à l'érosion glaciaire. Ils se trouvent en effet toujours à un niveau voisin de celui de la limite des neiges ; de plus leur section transversale en forme d'U à fond élargi doit être l'œuvre des glaciers, qui usent leurs parois et élargissent leur lit, bien plutôt que des cours d'eau qui travaillent surtout en profondeur. La cause première du phénomène a dû être une dépression étroite qui, une fois occupée par le glacier, a été progressivement élargie par le recul de ses bords sous l'action combinée des variations de température, de la désagrégation atmosphérique et de l'eau de fusion de la neige, tandis que le fond ne subissait qu'une faible érosion par usure.

A côté des Kahrs proprement dits, qui se trouvent toujours dans le voisinage des arêtes, M. Richter décrit les **Kahrs en gradins** (Kahrtreppen) qui sont fréquents dans les hautes

[1] Dr E. Richter. Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen *Petermanns Mitth. Erg. Heft.* 132, 1900, 103 p., 6 pl.

Digitized by Google

vallées à profil inégal et qu'il attribue également à l'érosion glaciaire. Ce sont des paliers élargis en forme de cirque, au fond plat ou présentant même une contre-pente qui peut donner naissance à un lac. Plusieurs paliers semblables peuvent se succéder séparés les uns des autres par des gradins.

L'auteur conclut de ses observations que l'existence de Kahrs dans une région est la preuve certaine d'une glaciation. D'autre part les vallées occupées jadis par des glaciers se distinguent par leurs formes arrondies et par la présence fréquente de Kahrs en gradin. Quant à la section en forme d'U, si fréquente dans les hautes vallées alpines, elle est due sans aucun doute à l'érosion glaciaire et, d'après le niveau de ces vallées, souvent bien inférieur à celui de la grande glaciation, l'on peut admettre que leur profil caractéristique a été établi pendant la phase de recul des glaces.

Certaines régions à l'intérieur des Alpes sont caractérisées par leurs formes massives et peu découpées, qui attestent un arrêt très prolongé de l'érosion fluviale. Aussi est-il logique d'admettre que leur glaciation a commencé de très bonne heure et a persisté pendant les phases interglaciaires.

L'auteur termine en faisant ressortir le niveau relativement très élevé (1600-1800 m.) occupé par la limite des neiges éternelles pendant la période glaciaire dans les Alpes orientales.

M. Salomon[1] a traité le même sujet des Kahrs et de **l'érosion glaciaire**. Il admet une érosion appréciable du lit des glaciers et cite comme facteur important de celle-ci la fusion constante de la glace sous les nombreuses pressions qu'elle subit dans ses frottements avec les roches encaissantes, et le regel de cette eau dans les fissures de ces dernières. Ces alternatives de dégel et de regel, bien plus fréquentes ici qu'à l'air libre, doivent produire une désagrégation rapide; et cet effet sera particulièrement intense dans les parties du lit où la pente est faible et où les frottements sont par conséquent plus énergiques. Les glaciers doivent creuser dans les parties inclinées de leur cours, soit en largeur, soit en profondeur, et donnent naissance ainsi à de larges cuvettes, qui peuvent se succéder en des sortes de chapelets. La formation de ces cuvettes est forcément influencée par la dureté et la fissilité des roches.

[1] W. Salomon. Können Gletscher im anstehenden Fels Kare, Seebecken und Thäler erodieren?. — *N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, 1900, tome II, p. 117-138, 2 pl.

Digitized by Google

L'auteur cite comme exemple le val d'Agio dans le groupe de l'Adamello, qui présente un chapelet de six cuvettes et replats rocheux en partie occupés par des lacs. La roche y présente, partout où elle est à découvert, des traces évidentes d'érosion glaciaire. D'autre part, les Kahrs et les lacs de Kahrs sont fréquents dans les Vosges et la Forêt Noire, dont la glaciation ne fait pas de doute, tandis qu'ils manquent dans toutes les régions qui n'ont pas été couvertes par les glaciers.

M. W.-M. Davis [1] traite un sujet analogue à propos des formes caractéristiques de la **vallée du Tessin** entre Biasca et Giornico. Ce qui frappe dans cette région, c'est le fait que les vallées latérales débouchent toutes dans la vallée principale à plusieurs centaines de pieds au-dessus du seuil de cette dernière. Or ce caractère ne se présente que dans des régions longtemps recouvertes par des glaciers et est certainement en relation avec des phénomènes glaciaires. A ce propos, l'auteur cherche à démontrer l'importance qu'a dû prendre dans certains cas l'érosion par les glaciers contre laquelle on n'a invoqué que des arguments peu convaincants.

Le premier effet de cette érosion spéciale doit être d'user les saillies formées par les flancs de la vallée, d'atténuer ainsi les sinuosités de celle-ci et par suite de l'élargir. Les vallées érodées d'une façon prolongée par de puissants glaciers se distingueront donc des vallées dues seulement à l'érosion fluviale par leur grande largeur, leur cours rectiligne sur de grandes longueurs et leur section transversale en U.

Ces caractères se retrouvent exactement dans la région de Biasca, et les flancs de la vallée conservent pendant plusieurs kilomètres une direction sensiblement parallèle, sans former aucune saillie appréciable.

La base de ces flancs est formée sur une hauteur de 400 à 600 m., par des pentes abruptes et rocheuses auxquelles succèdent au-dessus des inclinaisons notablement moins fortes, sans que, du reste, aucun changement appréciable dans la roche puisse motiver ce changement brusque de pente. Il semble que les parties abruptes de la base correspondent au creusement d'une vallée récente au fond d'une ancienne vallée largement ouverte ; et cette hypothèse est confirmée par le fait que le seuil des vallées latérales correspond comme niveau au sommet de ces pentes abruptes.

[1] W.-M. Davis. Glacial erosion in the Valley of the Ticino. — *Appalachia*, 1900, tome IX, p. 136.

Digitized by Google

Les vallées latérales sont largement ouvertes, puis vers leur extrêmité inférieure, leur thalveg est coupé par une gorge étroite qui s'est creusée sans aucun doute pendant et après l'abaissement du seuil de la vallée principale. Du reste, les cours d'eau affluents débouchent encore dans la vallée du Tessin bien au-dessus du niveau de ce dernier et y descendent par une succession de cascades.

Ces faits ne paraissent pas pouvoir s'expliquer, comme Heim l'a fait pour des phénomènes analogues, en admettant un soulèvement d'ensemble de la région qui aurait redonné aux cours d'eau un regain d'activité, naturellement beaucoup plus sensible pour les cours d'eau principaux à fort débit, que pour leurs affluents beaucoup plus faibles. Il est impossible d'admettre en effet que la vallée principale, ait pu subir non seulement l'approfondissement, mais encore et surtout, l'élargissement considérable qu'elle a éprouvés, sans que pendant la longue durée nécessaire à ce travail, les cours d'eau affluents n'aient réussi à se conformer aux nouvelles conditions.

La seule explication possible consiste à faire intervenir l'érosion glaciaire dans le creusement de la partie inférieure aux pentes abruptes de la vallée. Cette érosion s'est continuée, ici comme dans toutes les vallées occupées par de grands glaciers, aussi longtemps en aval que la couche de glace a été suffisamment puissante ; puis elle a cessé plus ou moins brusquement. Cette limite inférieure de l'affouillement par le glacier doit se marquer dans le relief par une contre-pente et par suite par un bassin lacustre plus ou moins étendu et il paraît probable que beaucoup de lacs doivent leur origine à des phénomènes de cette nature.

L'auteur termine par une intéressante comparaison entre l'érosion fluviale et l'érosion glaciaire.

Sources.

Lors du captage des **sources de Vals**, on constata que la composition de l'eau varie avec la profondeur et que la proportion des matières dissoutes est plus forte vers la base de la nappe d'eau que vers la surface. C'est pourquoi M. Nussberger[1] ayant fait deux prises d'eau, l'une dans la profondeur, l'autre près du niveau supérieur de l'eau, en fit l'ana-

[1] Dr G. Nussberger. Die chemische Untersuchung der eisenhaltigen Gypsquellen von Vals im Lugnez. — *Jahresb. der naturf. Ges. Graubündens* B. XLIII, p. 67.

Digitized by Google

lyse. Il put établir ainsi que seules les quantités de fer et d'acide carbonique varient et augmentent avec la profondeur, tandis que les autres matières en solution se trouvent aux différents niveaux en quantité constante.

Le même auteur [1] a entrepris l'étude de trois sources minérales qui sortent dans le val Sinestra, une vallée latérale qui débouche dans l'Engadine entre Sent et Remus. Ses analyses ont donné, pour 10000 parties d'eau, les résultats suivants :

	Source Thomas	Source Jean	Source Ulrich
Chlorure de sodium.....	3.2233	6.2322	11.4489
Chlorure de lithium.....	0.0266	0.1311	0.2362
Bromure de sodium... ...	0.0174	0.0297	0.0486
Iodure de sodium.....	0.0010	0.0017	0.0032
Borate de soude.....	0.8658	1.0509	1.5300
Arsenate de soude..... .	0.0179	0.0292	0.0766
Phosphate de soude.....	traces		0.0020
Silicate de soude.....	0.1439	0.1196	0.2073
Sulfate de soude.....	1.2349	2.0217	3.3320
Sulfate de potasse	0.4044	0.7081	1.4190
Carbonate de soude.....	1.4568	3.4983	6.7538
Carbonate d'ammoniaque ..	0.0535	0.0811	0.1066
Carbonate de chaux.....	8.5257	8.8837	13.0885
Carbonate de magnésie....	1.8101	2.2748	2.9945
Carbonate de fer	0.2135	0.2214	0.2034
Carbonate de manganèse ..	0.0071	0.0044	0.0088
Alumine	0.0033	0.0028	0.0032
Total.....	18.0052	25.2907	41.4626

Ces trois sources ont une composition chimique analogue et ne se distinguent que par la quantité totale de matières dissoutes. Elles sont caractérisées par leur forte teneur en acide borique et en acide arsénique et l'on peut les classer comme sources ferrugineuses, alcalino-muriatiques, riches en acide carbonique libre.

M. Bosshard [2] a fait l'analyse de la **sources de Chasellas** près de Campfer sur le versant S du Pitz Nair (Haute Engadine).

[1] Dr G. Nussberger. Die chemische Untersuchung der Mineralquellen von Val Sinestra bei Sent. *Jahresb. der naturf. Ges. Graubündens*, B. XLIII, p. 69.

[2] Dr E. Bosshard. Chemische Analyse der Trinkquelle Chasellas. — *Jahresb. der naturf. Ges. Graubündens*, B. XLIII, p. 105.

Digitized by Google

L'eau sort avec un débit de 15 litres à la minute et une température de 6°5 centigrade. Elle contient pour 10 000 parties d'eau :

Sulfate de potasse	0.017
Chlorure de sodium	0.033
Nitrate de soude	0.101
Nitrate d'ammoniaque	0.011
Sulfate de chaux	0.309
Chlorure de calcium	0.115
Carbonate de chaux	0.725
Carbonate de magnésie	0.168
Carbonate de fer	0.029
Chlorure de lithium	traces
Alumine	0.012
Silice	0.057
Substances organiques	0.031
Total	1.608
Acide carbonique libre ou demi-lié	2.172

Cours d'eau.

M. l'ingénieur Gremaud [1] a fait pendant les années 1898-1899 une série de prises d'eau dans la Sarine pour évaluer la quantité approximative de troubles entraînés par la rivière. Les teneurs en troubles, dosés à l'état de résidus secs, ont varié de 5 ‰ après une forte pluie à 0.23 ‰ après une série de beaux jours.

La chaux, la potasse et l'acide phosphorique ont été dosés dans ces résidus par MM. de Vevey et Evêquoz. La chaux représente approximativement le tiers du résidu total, la potasse y entre pour 0.5 à 1.5 % et l'acide phosphorique pour 0.1 à 0.3 %.

Lacs.

M. E. Sarasin [2] a exposé au Congrès international de physique de Paris l'état actuel de la question des **oscillations pendulaires des lacs**, connues sous le nom de seiches, et a donné les principaux résultats de la série d'études faites sur

[1] Gremaud. Les eaux troubles de la Sarine. — *Bull. soc. fribourg. des sc. nat.*, tome VIII, p. 38.

[2] F.-A. Forel et Ed. Sarasin. Les oscillations des lacs. — *C. R. du Congrès international de physique à Paris*, 1900.

Digitized by Google

les différents lacs suisses par M. Plantamour, M. F.-A. Forel et par lui-même.

Le même auteur [1] a effectué une longue série d'observations sur les seiches du lac des Quatre-Cantons. Ayant établi simultanément un limnographe à Stanstadt et un autre à Küssnacht, il a pu constater à l'aide de ces deux appareils des oscillations transversales très nettes. Celles-ci sont uninodales et ont une durée de 18 minutes. Exceptionnellement il se produit des binodales transversales d'une durée de 9,27 minutes.

Glaciers.

MM. F.-A. Forel, M. Lugeon et E. Muret [2] ont publié le rapport annuel sur les **variations des glaciers suisses** qu'ils font précéder de quelques considérations spéciales. Ils font ressortir tout d'abord le caractère arbitraire des limites fixées sur l'atlas Siegfried aux glaciers des Alpes, celles-ci étant basées sur les dimensions momentanées de chaque glacier au moment des levers, qui ont été faits du reste à des époques très différentes suivant les régions. Ils proposent de donner dorénavant sur les cartes topographiques à chaque glacier son extension minimum, qu'il conserve après les plus fortes décrues, en marquant par un signe spécial (trait bleu pointillé) les limites qu'il atteint lors de ses plus grandes extensions.

Ils examinent ensuite l'origine de la **Kryokonite** ou limon très fin, qui forme sur la surface des glaciers et des névés des accumulations toujours très peu volumineuses. Ces dépôts sont dûs probablement les uns à des poussières entraînées par les avalanches de fond, les autres à un transport éolien favorisé par la sécheresse des régions élevées.

Les auteurs ont d'autre part relevé la position en 1899 des débris du célèbre **bloc de l'Hôtel des Neuchâtelois** sur le glacier de l'Aar. La position de ce bloc ayant été fixée en 1842 et en 1884, on peut facilement en déduire la vitesse moyenne d'écoulement de la partie du glacier qui le porte. Or une

[1] E. Sarasin. Oscillations du lac des Quatre-Cantons. — *C. R. des séances de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. Archives Genève*, tome X, p. 600. Décembre 1900.

[2] F.-A. Forel, M. Lugeon et E. Muret. Les variations périodiques des glaciers des Alpes. 20e rapport 1899. *Annuaire du S. A. C.* XXXVe année, p. 203-221, 1900.

Digitized by Google

comparaison des chiffres recueillis par Agassiz, par M. Forel en 1884, et par MM. Forel et Lugeon en 1899 montre un ralentissement très net du glacier de l'Aar.

L'observation des glaciers des Alpes a porté pour l'année 1899, sur 73 glaciers et a donné les résultats suivants :

Dans les Alpes valaisannes, sur 30 glaciers observés, 22 sont en décrue certaine, 3 en décrue probable, 4 en crue probable et 1 seul en crue certaine.

Les glaciers en crue sont :

Le glacier de Dala (vallée de Louëche) ?
» de Boveyre (vallée d'Entremont).
» de Valsorey (vallée d'Entremont)?
» du Trient (vallée du Trient)?
» des Grands (vallée du Trient) ?

La décrue presque générale affecte aussi le massif du Mont-Blanc, et M. Lugeon a constaté d'autre part une diminution très importante des névés dans le massif du Wildstrubel.

Les glaciers des Alpes vaudoises sont presque tous en décrue ; sur 7 qui ont été observés, deux seulement sont en crue probable: ceux du Scex Rouge et du Dard dans le territoire d'Ormont-dessus.

Dans le bassin de l'Aar seul le glacier de Gelten dans le territoire de Lauenen a marqué une crue probable. Dans le bassin de la Reuss, de nouveau un seul glacier, celui de Grassen dans le territoire d'Engelberg a marqué une crue probable. Dans le bassin du Rhin tous les glaciers observés sont en décrue ; enfin dans le bassin de l'Inn le glacier de Morteratsch, dans le territoire de Pontresina, a seul marqué une crue probable.

En résumé, sur les 73 glaciers observés, 1 seul est en crue certaine, 9 sont en crue probable, 19 sont en décrue probable et 44 en décrue certaine. On peut dire que la tendance à la décrue s'est encore accentuée pendant l'année 1899.

M. F.-A. Forel [1], grâce aux innombrables observations qu'il a faites lui-même sur les **variations des glaciers** depuis un grand nombre d'années et à celles d'autres auteurs qu'il a recueillies, a pu établir les lois suivantes :

[1] F.-A. Forel. Les variations périodiques des glaciers. *Actes de la Soc. helv. des sc. nat.*, 83e session à Thusis, 1900, p. 51. — Voir aussi *Archives Genève*, tome X, p. 401. — Voir aussi *Eclogæ geol. helv.*, tome VI, p. 504.

Digitized by Google

1° Les variations subies par les glaciers sont des changements de volume et non pas seulement de forme. Un glacier qui s'allonge, s'élargit et s'épaissit en même temps.

2° Au milieu de l'irrégularité des variations glaciaires on observe parfois une certaine simultanéité d'allures. Il y a des phases générales de crue et de décrue.

3° Pendant le dix-neuvième siècle les glaciers suisses ont présenté les allures suivantes :

De 1800 à 1811 . . .	?
1811 à 1816-1822.	crue.
1818-1820 à 1826.	grand maximum.
1820-1830 . . .	légère décrue.
1830-1850 . . .	mouvements contradictoires.
1855	maximum.
1856-1900 . . .	décrue générale.
1875-1892 . . .	crue partielle de quelques glaciers suisses et savoyards.
1890-1900 . . .	crue partielle de quelques glaautrichiens.

4° Il y a deux types de variations :

a) L'une de période annuelle, due à l'intensité de la fusion pendant l'été ;

b) L'autre, de période cyclique, durant à peu près un tiers de siècle, due à une poussée en avant du glacier, qui est provoquée elle-même par un excès d'alimentation. Il est du reste certains glaciers qui ne réagissent pas à chaque retour de période.

5° Les phases de crue se développent successivement sur les différents glaciers, la neige tombée en excès dans les névés collecteurs ne pouvant pas arriver en même temps jusqu'au front des divers glaciers. Les phases de décrue commencent au contraire le plus souvent simultanément, l'amincissement de la couche de glace sous l'effet d'un été particulièrement chaud se produisant partout à la fois. Les phases de décrue peuvent pourtant se développer successivement, si elles sont dues non à un excès de chaleur, mais à une diminution des précipitations neigeuses.

6° On peut observer une tendance des crues à se développer à peu près simultanément dans les glaciers d'un même groupe montagneux sans toutefois que ceux-ci perdent leur caractère individuel.

Digitized by Google

M. F.-A. FOREL[1] a démontré par ses dernières observations faites au glacier du Rhône, en collaboration avec MM. L. Held et H. Seiler que, à la cascade du glacier, la couche de glace mesure à peine 5 à 10 m., que l'érosion y est presque nulle et que le torrent sous-glaciaire s'y déplace avec une extrême facilité.

M. M. LUGEON[2] a obtenu une série de belles photographies du **grain du glacier** prises dans une grotte du glacier du Rhône, après avoir coloré sur une paroi de glace les fissures capillaires par du violet d'aniline suivant le procédé de M. Hagenbach-Bischoff.

M. le professeur E. HAGENBACH[3] a fait, au Congrès international de physique à Paris, un rapport sur les glaciers, dans lequel il traite plus spécialement la question de la **structure de la glace.**

Tandis que celle-ci est compacte et transparente dans l'intérieur du glacier, elle se divise extérieurement par la fusion en grains de grandeur fort différente dont chacun est un cristal, comme on peut facilement s'en convaincre, soit par un examen optique, soit par l'observation des figures de fusion. Ces grains, rendus distincts par la fusion, deviennent de plus en plus gros dans les couches de plus en plus profondes de la glace et peuvent dépasser à la base la grosseur d'une noix. Ils sont orientés très diversement, ce qui prouve que leur orientation n'a rien à faire avec les pressions subies par la glace. Dans l'intérieur du glacier ils sont si solidement soudés les uns aux autres, qu'une cassure de la glace ne tient aucun compte de la surface des grains.

La température de la glace semble être partout sensiblement égale à son point de fusion dans les conditions spéciales de pression où elle se trouve.

M. F.-A. FOREL[4] a étudié la **structure rubannée du glacier** et attribue l'origine des bandes blanches : 1° A l'air contenu dans la neige ; 2° A l'air qui pénètre entre les grains du gla-

[1] F.-A. FOREL. Eboulement du glacier du Rhône. — *Eclogæ geol. helv.*, tome VI, p. 305.

[2] Prof. M. LUGEON. Photographies de grains du glacier. — *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 83e session à Thusis, 1900, p. 104. — Voir aussi *Arch. Genève*, tome X, et *Eclogæ geol. helv.*, tome VI.

[3] E. HAGENBACH. La glace et les glaciers. — *C. R. du Congrès international de physique*, Paris 1900.

[4] F.-A. FOREL. Structure rubannée du glacier. *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 83e session, Thusis, p. 105.

Digitized by Google

cier lors de la désagrégation de la glace sous l'action de la chaleur sur les parois des crevasses et qui est ensuite enfermé par la fermeture de ces dernières ; 3° A l'air emprisonné dans les brèches formées par les débris d'éboulement des aiguilles et pyramides de glaces.

Actions et agents internes.

Géothermie.

MM. de Fellenberg, Kissling et Schardt [1] ont traité dans leur rapport sur les tunnels projetés à travers le Lötschberg des conditions géothermiques dans lesquelles se trouveraient ceux-ci. Ils arrivent à la conclnsion que les températures maximales seraient de 30° pour le tunnel le plus court, de 31° pour le tunnel le plus long à travers le Lötschberg et de 37° à 38° pour le tunnel à travers le Wildstrubel.

Tremblements de terre.

Dans le rapport annuel de M. Früh [2] sur les phénomènes sismiques en Suisse pendant l'année 1898 nous trouvons signalés 25 seismes distincts répartis comme suit :

1. Le 24 janvier, à 10 h. av. m. une secousse assez forte, accompagnée de bruit souterrain, ressentie dans une région elliptique comprise entre Châtel-Saint-Denis, Vevey, Montreux, Château-d'Oex et Montbovon.

2. Le 16 février, un faible choc, à Saint-Gall.

3. Le 18 février, un tremblement bien marqué, ressenti suivant une zone étroite, large à peine de 2 km. et longue de 11 km., passant par Aawangen, Frauenfeld et Pfyn.

4, 5 et 6. Le 22 février à 11 h. 44 av. m., à 1 h. 45 apr. m. et à 2 h. 20 apr. m. 3 chocs sucessifs à Grandson et environs. De ces 3 secousses, la première est de beaucoup la plus importante, elle a été ressentie d'une façon générale entre Yverdon, Sainte-Croix et Grandson et son aire d'ébranlement s'est étendue jusqu'à Montreux, Morges, Vallorbes, Verrières, Val-de-Travers, Neuchâtel, Avenches, Payerne et Moudon. Elle a provoqué une violente agitation des eaux du lac de Neuchâtel.

7. Le 3 mars, une secousse locale à Grandson-Fiez.

[1] MM. de Fellenberg, Kissling et Schardt. Lötschberg und Wildstrubel-Tunnel. Geologische Expertise. Bern 1900. Buchdruckerei R. J. Wyss.

[2] J. Früh. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1898. — *Annalen der Schweiz. meteor. Centralanstalt*, 1898.

Digitized by Google

8. Le 8 mars, une secousse le long de la rive orientale du lac de Neuchâtel à Chevroux et Gletterens.

9. Le 11 mars, un seisme à Tschierschen, au-dessus de Coire.

10. Le 5 avril, une secousse à Zermatt.

11. Le 8 avril, un tremblement avec grondement souterrain à Grandson et Champagne.

12. Le 12 avril, un léger tremblement à Aubonne et Etoy.

13. Dans la nuit du 18 au 19 avril, nombreuses secousses faibles à Bullet, près Sainte-Croix.

14, 15 et 16. Le 22 avril, à 12 h. 5 av. m. et à 2 h. 20 av. m. et le 23 avril à 7 h. 5 av. m. 3 secousses dans la région de Grandson. La première, qui a été de beaucoup la plus importante, a une aire d'ébranlement s'étendant jusqu'à Travers, Sainte-Croix, Cossonay, Echallens, Yvonand, Concise, la seconde a été limitée à Yverdon, Grandson et Sainte-Croix ; la troisième à Grandson, Champagne et Fiez.

17. Le 6 mai à 2 h. 10 apr. m., un tremblement de terre qui a affecté la plus grande partie de la Suisse et les régions voisines de France, d'Allemagne et d'Italie.

18. Le même jour, à 10 h. du soir, un seisme ayant affecté la région de Thoune, du Beatenberg et les vallées de la Kander, de la Simme et de la haute Sarine.

19. Le 7 mai à 1 h. 15 av. m., une secousse à Zweisimmen.

20. Le 8 mai à 3 h. av. m., une secousse à Thoune et environs.

21. Le même jour à 5 h. 30 av. m., une secousse dans le Kienthal.

Ces cinq derniers sismes rentrent tous dans un même phénomène sismique. Le premier d'entre eux a une aire d'ébranlement considérable, il a été constaté sans l'intervention d'appareils spéciaux dans la région comprise entre Belfort, Mulhouse, Rappoldsweiler, Waldkirch, Badenweiler, Weizen, Schaffhouse, Bregens, Coire, Bellinzone, Alpes valaisannes, Chambéry, Lyon, Macon et Dijon. La région de plus grande intensité peut être circonscrite comme suit : Genève, Bière, Lons-le-Saulnier, le Locle, Boudry, Uttigen, Beatenberg, Grindelwald, Brieg, Sierre, Aigle. La région d'ébranlement maximum correspond presque exactement avec l'aire d'ébranlement de la seconde secousse et comprend approximativement la région des Préalpes entre les lacs de

Digitized by Google

Genève et de Thoune. Il résulte des nombreux relevés d'heures recueillis, que le premier ébranlement a été ressenti suivant une ligne médiane Zurich-Genève de laquelle le mouvement s'est propagé soit vers le N-O, soit vers le S-E. Nous avons certainement affaire ici à un seisme d'ordre tectonique.

22. Le 14 juin, une secousse ressentie entre Rheineck, Saint-Gall, Brunnadern, Glaris, Ragatz et Frastens, dont l'ébranlement a été suffisamment fort entre Sargans et Vaduz pour lézarder des murs et faire tomber des cheminées.

23. Le 6 octobre, un tremblement de terre ressenti à Zurich, Winterthour et Schaffhouse en Suisse et d'autre part en Bavière et en Würtemberg jusqu'à la latitude d'Ulm.

24. Le 13 novembre une secousse limitée à peu près au canton de Glaris, mais assez violente pour décrocher de petits tableaux, arrêter des pendules et effrayer la population.

25. Le 16 décembre un léger seisme à Lugano.

Il est à remarquer que sur les 25 seismes enregistrés pendant l'année 1898, 20 se répartissent sur les mois de février à mai. D'autre part, la région de Grandson-Yverdon a été tout particulièrement affectée par les phénomènes sismiques. Enfin les 25 secousses se répartissent entre 10 tremblements de terre distincts :

1. Le 24 janvier, Veveyse et Sarine.
2. Le 18 février, Aawangen-Pfyn.
3. Le 22 février, tremblement de terre Vaud-Neuchâtel.
4. Le 3 mars, Grandson-Fiez.
5. Le 8 mars, rive orientale du lac de Neuchâtel.
6. Le 22 avril, tremblement de terre Vaud-Neuchâtel.
7. Le 6 mai, tremblement de terre alpin-jurassien.
8. Le 14 juin, Suisse occidentale et Vorarlberg.
9. Le 6 octobre Souabe-Suisse orientale.
10. Le 13 novembre, Glaris.

M. Bührer [1] a fait le relevé des tremblements de terre ressentis dans le canton de Vaud pendant l'année 1899. Ceux-ci se réduisent du reste à deux. Le premier s'est produit le 13 septembre à 12 h. 20 du matin à Grandson et Champagne sous forme de choc vertical. Le second, ressenti le 7 novembre à 1 h. 10 après-midi dans les vallées du Rhône et de la Dranse, a pris la forme d'une faible tremblement.

[1] C. Bührer. Tremblements de terre dans le canton de Vaud en 1899. — *C. R. des séances de la Soc. vaud. des sc. nat., Archives Genève*, tome X, p. 492.

Digitized by Google

4e PARTIE. — STRATIGRAPHIE ET PALEONTOLOGIE.

par CH. SARASIN.

Schistes cristallins.

MM. de FELLENBERG, KISSLING et SCHARDT [1] dans leur rapport sur le projet du **tunnel du Lötschberg** et du **Wildstrubel** traitent très brièvement des schistes cristallins de cette région déjà connue du reste par la monographie de la partie orientale du massif de l'Aar par M. de Fellenberg.

Les schistes se composent de gneiss, de schistes micacés, chloriteux ou amphiboliques, d'amphibolites, de serpentines, etc.... se succédant en innombrables alternances au-dessus du noyau granitique. Leur complexe est traversé par de nombreux filons de microgranulite et d'aplite.

Mésozoïque.

TRIAS.

Nous trouvons dans le même travail [2] une coupe du Trias de la **région du Lötschberg**. Le système présente de haut en bas la succession suivante :

c) Les schistes de Quarten, brillants, verdâtres ou rougeâtres, en général foncés.

b) La dolomie de la Röti typique, souvent transformée en cornieules.

a) Une arkose bigarrée, grise, rouge ou verte, passant parfois à un conglomérat, qui est généralement assimilée au verrucano et considérée comme permienne. Ses variations de couleurs correspondent à celle du granite de Gasteren sur lequel elle repose et au dépens duquel elle s'est formée.

M. LUGEON [3] donne la coupe suivante du Trias, tel qu'il l'a observé dans la région comprise entre le **Sanetsch** et la **Kander**.

[1] DE FELLENBERG, KISSLING und SCHARDT. Lötschberg und Wildstrubel-Tunnel. Geologische Expertise. — Bern, Bruchdruckerei Wyss, 1900.

[2] Loc. cit., p. 11.

[3] M. LUGEON. Première communication préliminaire sur la géologie de la région comprise entre le Sanetsch et la Kander. — *Eclogæ geol. helv.*, tome VI, p. 497.

Digitized by Google

c) Quartenschiefer.
b) Gypse associé à un calcaire dolomitique.
a) Quartzites.
Le Rhétien a été découvert à Drône sur Sion.

M. TARNUZZER [1], dans son étude sur les richesses minérales du **canton des Grisons**, donne plusieurs coupe du Trias de cette région. Il relève comme suit la série triasique du val Fisch (vallée lattérale de l'Albula) :

d) Cornieule supérieure ou schistes de Lün, roche jaune ou brune, poreuse, riche en silice avec des inclusions nombreuses de brèche.
c) Dolomie principale, très puissante, avec inclusions et filons de fer oligiste.
b) Cornieule inférieure.
a) Muschelkalk alpin, calcaire foncé, esquilleux, en plaquettes, devenant parfois très compact.

M. HUGI [2] est arrivé à des résultats fort intéressants sur la stratigraphie du **Trias des klippes de Giswyl**, qui était jusqu'ici très imparfaitement connu. Ce système présente la série suivante de bas en haut :

a) La cornieule, qui représente ici la base du Trias, forme peu d'affleurements nets et se trouve le plus souvent à l'état de blocs épars. Elle présente tous les passages de la dolomie compacte à la cornieule cellulaire et même tuffeuse ; parfois elle prend un aspect bréchiforme. On la voit affleurer à l'Alpboglenpass, sur le flanc N du Jänzimattberg, entre Sandboden et Klein-Schwand, au passage de la Furgge et au Mändli.

b) Le gypse est dans la règle associé à des argiles et des marnes brunes, rouges ou verdâtres, Il est souvent remarquablement pur et possède un grain fin. Les couches à gypse prennent une grande extension sur les flancs N-O du Jänzimattberg jusqu'au vallon de Glaubenbielen et affleurent en particulier, dans les ravins de Kratzeren et du Gipsbach. Vers ce dernier la couche de gypse atteint 10 m. d'épaisseur.

c) Le Muschelkalk, dont l'âge a pu être fixé dernièrement grâce à la découverte de *Retzia trigonella*, était considéré par Kaufmann comme supracrétacique, tandis que Stutz en faisait du Jurassique supérieur et Quereau du Hauptdolomit.

[1] M. TARNUZZER. Notice sur quelques gisements métallifères des Grisons. — *Jahresb. der naturf. Ges. Graubündens*, 1900, tome XLIII, p. 1.
[2] Dr E. HUGI. Die Klippenregion von Giswyl. — *Nouveaux Mémoires de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1900, vol. XXXVI.

Digitized by Google

Keuper	sup.	Marnes à Zanclodon.	10 m.
	moyen	Stubensandstein avec débris d'ossements.	2 m.
		Marnes irrisées supérieures.	6 m.
		Dürröhrlestein.	3.5 m.
		Rothe Wand.	4 m.
		Grès à Equisetum (Schilfsandstein).	10 m.
	inf.	Marnes irrisées avec gypse.	40 m.
Lettenkohle		Dolomie limite avec *Myoph. Goldfussi*. Grès et schistes argileux à *Estheria minuta*. Dolomie inférieure.	6 m.
Muschelkalk	supérieur	Dolomie à Trigonodus avec *Myoph. Goldfussi, Gerv. costata, Trigonodus Sandbergeri*.	20 m.
		Calcaire à *Ceratites nodosus*.	15 m.
		Calcaire sup. à *Encrinus liliiformis*, avec *Myophoria ovata*, renfermant des bancs oolithiques.	3 m.
		Couche à *Pemphix Sueuri*.	4.5 m.
		Calcaire inférieur à *Encr. liliformis* avec *Cidaris grandaeva* et *Terebratula vulgaris*.	16 m.
	moyen	Calcaire cellulaire, Dolomie et marnes à silex.	25 m.
		Gypse et Anhydrite.	25 m.
	inférieur	Marnes bitumineuses à *Myoph. orbicularis* (Wellen mergel).	10 m.
		Couche à *Spirifer fragilis*.	3 m.
		Couche à *Terebratula vulgaris* typique. Banc grumeleux (Wulstbank). Deckplatte. Couches à *Myoph. cardissoïdes, Lima lineata* et *Ceratites Buchi*. Banc à Pseudomonotis. Banc à *Gervillia socialis* et à Lingules.	15 m.
		Banc à galène avec *Ceratites Buchi*.	0.5 m.
		Wellendolomit avec Lima striata et des Lingules.	12 m.
Grès bigarré	sup.	Röth. Grès en plaquette à Equisetum.	10 m.
		Couches à concrétions de jaspe.	10 m.
	moyen	Grès quartzeux de couleur claire.	15 m.
		Conglomérat.	12 m.
Archéen.			?

Digitized by Google

C'est un calcaire plus ou moins dolomitique, rappelant beaucoup le calcaire d'Iberg auquel Kaufmann l'avait assimilé.

d) Le calcaire à diplopores (Wettersteinkalk) a été trouvé sous forme de blocs épars à la Möhrlialp et dans les éboulis entre Sandboden et Alpboglen. Il existe très probablement sous la dolomie principale dont les éboulis l'ont recouvert. C'est un calcaire foncé, dolomitique et rempli de diplopores, qui sont tantôt répandues indifféremment dans toute la roche, tantôt limitées à certaines couches. Ces algues appartiennent à la *Diplopora annulata* Schaffh. — La roche qui les renferme paraît être identique à la dolomie décrite par M. Lugeon, de Muraz (canton du Valais).

e) La dolomie principale est l'élément le plus important du Trias des klippes de Giswyll et forme entièrement le Giswylerstock. Sa structure est finement cristalline et sa couleur va du gris presque blanc au noir. La variété foncée renferme souvent de petits cristaux de gypse. A la Schafmatte et au Mändli la dolomie prend un aspect schisteux, qui est dû très probablement au laminage intense subi par cette partie de la klippe pendant le chevauchement.

M. F. Schalch[1] a établi une coupe très détaillée des formations triasiques dans les environs de **Donaueschingen**. Nous en extrayons le tableau précédent (p. 55).

Jurassique.

MM. de Fellenberg, Kissling et Schardt[2] donnent dans leur étude précitée un aperçu stratigraphique du Jurassique de la **chaîne du Lötschberg**, dont ils établissent comme suit la succession.

Malm	*f*) Hochgebirgskalk (100 à 120 m.) *e*) Calcaires en plaquettes ou schisteux de l'Oxfordien (50 à 100 m.)
Dogger	*d*) Calcaires spathiques, renfermant souvent des oolithes ferrugineuses, remplacée localement par des schistes foncés (100 à 150 m.)
Lias	*c*) Schistes foncés du Lias supérieur. *b*) Brèche composée de débris de quartz et de dolomie, riche en Belemnites, remplacée localement par des grès quartzitiques gris ou verdâtres. *a*) Calcaires schisteux, parfois bréchiformes (50-100 m.).

[1] F. Schalch. Exkursion nach Hüfingen-Hausen vor Wald, 19. April. Ber. über die 33. Vers. d. oberrhein. geol. Vereins in Donaueschingen 1900.

[2] de Fellenberg, Kissling und Schardt. Lötschberg u. Wildstrubel-Tunnel. Geol. Exp.

Digitized by Google

M. LUGEON [1] ne donne sur les formations jurassiques du **Wildstrubel-Wildhorn** qu'un aperçu fort sommaire. Le Lias y est représenté par des schistes lustrés avec bancs de calcaire et de brèche. Le Dogger, le Divesien, l'Oxfordien et le Malm ne présentent rien de particulier.

M. LORENZ [2] a donné une description complète des couches jurassiques du **Fläscherberg**, qui appartiennent au faciès helvétique.

Le Lias n'affleure nulle part dans la chaîne.

Le **Dogger** se présente sous deux types tout à fait différents. Vers le N, à la base de l'Ellhorn, au lieu dit Heidenschopf sur la rive gauche du Rhin l'on peut relever la série suivante:

e) Calcaire en bancs, gréseux, spathique et séricitique.

d) Calcaire gréseux, brunâtre, formant des bancs durs et bitumineux séparés par de minces lits schisteux. Certaines zônes sont oolithiques, d'autres sont grossièrement gréseuses et passent même au conglomérat. La faune se compose de:

Parkinsonia Parkinsoni Sow.	Natica sp.
Perisphinctes Martinsi Oppel.	Astarte cfr. excavata Sow.
Lytoceras tripartitum Rasp.	Astarte Parkinsoni Quenst.
Belemnites cfr. calloviensis. Op.	Avicula Münsteri Bronn
Bel. cfr. Beyrichi Op.	Isocardia sp. ind.
Pleurotomaria circumsulcata d'Orb.	Cypricardia bathonica d'Orb.
Pleurotomaria sp.	Posidonomya Buchi Roemer.
Purpurina Bathis d'Orb.	Cornuspira elliptica.

c) Grès calcaire siliceux, riche en mica, gris ou rougeâtre, massif ou schisteux de 2 $^1/_2$ m. de puissance; sans fossile.

b) Calcaire spathique noir en bancs. Epaisseur 4 m.

a) Grès siliceux noir ou rougeâtre, de 8 m. d'épaisseur, passant à sa partie supérieure à un grès calcaire en bancs alternant avec des schistes.

De cette série *a*, *b* et *c* paraissent représenter le Bajocien, tandis que *d* et *e* sont du Bathonien. Précédemment Mœsch avait désigné tout ce complexe comme Lias et en avait cité *Psiloceras planorbe*, Sow.; mais l'auteur n'ayant pu retrouver nulle part l'échantillon cité, croit pouvoir admettre une erreur de détermination.

[1] LUGEON. Géol. de la région entre le Sanetsch et la Kander.

[2] Dr TH. LORENZ. Monographie des Fläscherberges mit 13 Zinkographien, 1 geol. Karte 1 : 25 000 und 4 Tafeln, Profile, Ansichten und Petrefakten. — *Mat. pour la carte géol. de la Suisse*, 1900, 40e livraison.

Digitized by Google

Le Dogger prend un tout autre facies plus au S à la Obere Platte et au Plattenstein. Il est formé en grande partie par un complexe à faciès changeant dont l'élément le plus important est un schiste calcaire, gréseux, gris, qui supporte en concordance les couches de Birmensdorf. Dans ce complexe certaines couches paraissent pouvoir être assimilées à des niveaux déterminés ; ainsi à la base se trouve un grès siliceux, riche en fer et en éléments argileux, qui présente absolument le faciès habituel des couches à *Ludwigia Murchisonae* dans les Alpes suisses. D'autre part sous les couches de Birmensdorf affleure près de la route Fläsch-Luciensteig un calcaire schisteux très oolithique qui paraît appartenir au Bathonien ou au Callovien. L'auteur donne de l'ensemble de cette formation une liste de fossiles qui se compose de Gastéropodes (grande abondance de Nérinées), de Lamellibranches et de Polypiers. Il y signale en outre la présence de nombreux débris de Belemnites du groupe des canaliculati, de tiges de Crinoïdes et de débris d'Échinides.

Sous ce complexe affleurent des marnes et des schistes noirs, riches en géodes de fer, absolument semblables aux schistes à *Lioceras opalinum* du Calanda, avec lesquels on est en droit de les paralléliser.

Le **Jurassique supérieur** du Flæscherberg peut se subdiviser comme suit :

c) Hochgebirgskalk dont les bancs sont très minces à la base, puis s'épaississent progressivement vers le haut. Ce calcaire est caractérisé par la présence de nombreuses concrétions siliceuses et de veines rouges ou blanchâtres qui traversent la roche en tous sens. Il renferme *Aptychus latus* Park., *Apt. punctatus* Voltz, *Belemnites hastatus* Blainv., *Bel. cfr. excentricus* Blainv.

b) Calcaire du Schilt, calcaire schisteux noir, devenant vert à l'air, qui renferme *Harpoceras cfr. arolicum* Op., *Aptychus lamellosus* et de nombreux débris de Belemnites du groupe des hastati. Ce niveau, considéré par MM. Tarnuzzer et de Mojsisovics comme du calcaire de Seewen, a été placé par Mœsch dans l'Oxfordien et correspond aux couches de Birmensdorf.

a) Marnes schisteuses, jaunâtres, de puissance variable.

M. R. DE GIRARD [1] a publié un **tableau des terrains** de la région fribourgeoise, dans lequel il donne non seulement la succession des formations sédimentaires, mais aussi les phé-

[1] Prof. R. DE GIRARD. Tableau des terrains de la région fribourgeoise. — *Bulletin de la Soc. fribourgeoise des sc. nat.*, 1899, vol. I, fasc. 1.

Digitized by Google

nomènes de ridement, de transgression et de régression qui ont modifié constamment la géographie de la région des Préalpes pendant les temps secondaires et tertiaires.

La partie de ce tableau qui concerne le Jurassique peut être résumée comme suit :

	Chaînes Niremont-Berra, Moléson-Lyss (Ganterist) et Mortheys (Stockhorn).	Chaîne des Gastlosen.
Jurassique sup. ou Malm. — Malm prop. dit.	Portlandien à *Ter. Catulloi* (faciès tithonique vindelicien) 25-30 m.	Tithonique : Corallien de la Simmenfluh et de Gessenay avec Diceras et Nerinées.
Jurassique sup. ou Malm. — Malm prop. dit.	Séquanien à *Asp. acanthicum* et Opp. tenuilobata (calcaire à silex) 25-100 m.	Jurassique sup. Grand massif calcaire gris-clair, pauvre en fossiles, s'étendant du Portlandien à l'Oxfordien.
Jurassique sup. ou Malm. — Oxfordien.	Calcaire noduleux gris et rouge en bancs minces. 6 à 25 m.	
Jurassique sup. ou Malm. — Oxfordien.	Zone à *Pelt. bimammatum* rouge à la base, grise vers le haut.	
Jurassique sup. ou Malm. — Oxfordien.	Zone à *Pelt. transversarium*.	
Jurassique sup. ou Malm. — Oxfordien.	Calc. compact et marnes à ciment de Châtel-Saint-Denis.	
Jurassique sup. ou Malm. — Oxfordien.	Zone à *Card. Lamberti* et *Card. cordatum*. 15 à 40 m.	
Jurassique sup. ou Malm. — Oxfordien.	Calcaire analogue de la gorge de l'Evy (chaîne de Lyss).	
Jurassique sup. ou Malm. — Oxfordien.	Gypse oxfordien? du Burgerwald.	

	Chaîne Moléson-Lyss (Ganterist) et Mortheys (Stockhorn). Dogger normal d'eau profonde à Zoophycos.	Chaîne des Gastlosen. Dogger littoral à Mytilus, en partie saumâtre
Dogger.	Callovien. — Zone à *Macr. macrocephalus*. — Schistes à nodules. — Faciès plutôt méditerranéen.	
Dogger. — Bathonien	Zone à *Park. Parkinsoni*, (Park. ferruginea).	Bathonien (?) *A.* Niveau sup. à Modiola.
Dogger. — Bathonien	Zone à *Lyt. tripartitum*.	*B.* Niveau à Myes et Brachiopodes.
Dogger.	Marnes et calcaires sableux, bleuâtres; Calc. bitum. avec charbon à Paray. — Charbon. — Banc spathique à la chapelle de la Frasse.	*C.* Niveau à Modiola et Hemicidaris (calcaires schisteux). Schistes à charbon du rocher de la Raye.
Dogger. — Bajocien	Zone à *Steph. Humphriesi*.	*D.* Niveau à fossiles triturés. — Schistes à Polypiers, Huitres et Astartes (schistes à charbon de la Klus).
Dogger. — Bajocien	Zone à *Ludw. Murchisonae*.	*E.* Niveau à matériaux de charriage (marnes, argiles, grès et conglomérats, charbon de Perte à Bovay).
Dogger. — Bajocien	Zone à *Lioc. opalinum*.	
Dogger.	Marnes et calcaires sableux avec *Am. tatricus* et *aalensis*. — Faciès méditerranéen.	

Digitized by Google

Jurassique inférieur. (Manque dans la chaîne du Niremont.)

Lias sup. — **Toarcien.** — Calc. marneux et schisteux, foncé avec *Zoophycos scoparius, Posid. Bronni, Lyt. jurense, Lyt. cornucopiae, Harp. bifrons, Harp. serpentinum*, etc.

Lias inf. — **Cymbien.** — Calc. spathique gris ou rouge à Entroques et Brachiopodes, et calc. gréseux à intercalations schisteuses avec *Lyt. fimbriatum.*

Sinemurien. — Calc. noir à Arietites..

Infralias. — **Hettangien.** — Calc. micacé, grésiforme, gris-foncé en bancs irréguliers à *Psiloc. planorbe, Plicatula hettangiensis* et *Ostrea sublamellosa.*

Rhétien. — Calc. noirs ou gris, parfois dolomitiques, en bancs minces, à *Ter. gregaria, Av. contorta, Pecten valoniensis*, etc..., et marnes schisteuses à *Cardium rhaeticum.*

Dans la partie stratigraphique de la monographie de M. Hugi[1] sur les **Klippes de Giswyl**, nous trouvons sur le Jurasique du Giswylerstock et du Rothspitz les renseignements suivants :

Le **Lias** n'affleure nulle part dans les Klippes de Giswyl, contrairement aux assertions de Stutz, qui donne dans ses profils une série continue du Keuper au Dogger.

Le **Dogger** a une extension limitée et n'affleure qu'au Jänzimattberg et à la Möhrliegg. Il présente un faciès changeant dont l'auteur décrit trois types différents : 1° sur le flanc SO du Jänzimattberg des calcaires foncés finement littés; 2° Sur le versant NO de la même montagne des schistes riches en silice et remplis de Radiolaires, dans lesquels s'intercalent des bancs calcaires noirs compacts, avec *Stephanoceras Freycineti* Bayle à la partie supérieure et *Phylloceras tatricum* à la base; 3° Sur le versant E de la même montagne et à la Möhrlialp un banc de 10 m. d'épaisseur de calcaire foncé, compact et dur avec *Steph. Freycineti, Harpoceras* (*Ludwigia*) *discites* (?) Waagen, surmonté au Jänzimattberg par une brèche échinodermique.

Il semble que l'Aalénien et le Bajocien soient seuls représentés dans le massif de Giswylerstock et que le Bathonien et le Callovien y fassent complètement défaut. Par contre, l'auteur a découvert au Rothspitz, sur le Tithonique renversé, un calcaire gris, grossièrement spathique, rappelant la Dalle nacrée du Jura avec *Pentacrinus pentagonalis* Goldf., *Millericrinus Goupilli* (?) d'Orb., *Terebratula calloviensis* d'Orb., *Hastitus subhastatus* Zieten, qui indiquent le Callovien.

[1] Hugi. Die Klippenregion v. Giswyl.

Digitized by Google

Le **Malm** manque complètement dans le massif du Giswylerstock; au Rothspitz il n'est représenté que par sa partie supérieure, le Tithonique. Celui-ci prend sur le versant SE du Rothpitz une grande extension ; il est formé par un calcaire gris clair, finement cristallin ou compact et atteint une épaisseur de 50 m. environ. Il est caractérisé par d'abondantes chaînes de silex remplis de Radiolaires; mais ne renferme pas d'autres fossiles.

M. A. Heim [1] vient de corriger une erreur commise par Escher et par lui-même dans les levers du flanc E du Glärnish. Tandis qu'il avait admis précédemment l'existence d'une large bande de Flysch au-dessous du Verrucano, il a reconnu que le Permien repose en réalité sur une série continue s'étendant depuis la dolomie de la Röti jusqu'à l'Eocène. Cette série est normale mais intensément laminée.

M. A. Heim [2] vient de faire une étude détaillée des couches **à minerai de fer du Gonzen**. Les gisements de minerai sont formés essentiellement d'Hématite et de Magnétite, associées à une proportion variable de Pyrite, de Quartz, de Calcite et de minerais divers de manganèse. Ils diffèrent donc absolument par leur nature des oolites ferrugineuses bathoniennes du Blegisee, qui se trouvent soit dans la chaîne du Sentis, soit dans les massifs du Tödi, des Windgällen et du Wetterhorn, et avec lesquels on les avait parallélisés jusqu'ici.

D'autre part, la couche à minerai du Gonzen se trouve toujours intercalée dans le Hochgebirgskalk et occupe par conséquent un niveau très supérieur à celui des oolithes bathoniennes. Les fossiles recueillis dans le voisinage du minerai appartiennent tous à l'Oxfordien ou au Séquanien; ce sont : *Perisphinctes cfr. Dybowskii* Siemir, de l'Argovien inférieur de Pologne, *Per. cfr. mogosensis* Chof., de l'Argovien supérieur du Portugal, *Per. cfr. ardescicus* Font., du Séquanien de Crussol, *Per. cfr. unicomptus* Font. de la même formation et *Per. stenocyclus* Font. de la même formation.

Les déductions stratigraphiques, tirées de l'étude de ces quelques fossiles faite par M. Rollier, sont en désaccord absolu avec celles que Mœsch avait tirées de ses propres déterminations ; mais il est certain que les espèces citées par

[1] Prof. A. Heim. Nachschrift über das anstehende Gestein am Ostfusse des Glärnisch. — *Mt. pour la carte géol. de la Suisse*, livraison IX, nouvelle suite, p. 204.

[2] A. Heim. Ueber das Eisenerz am Gonzen, sein Alter und seine Lagerung. — *Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich*, 1900.

Digitized by Google

Mœsch du minerai du Gonzen n'y existent pas en réalité et que les déterminations de cet auteur sont basées en bonne partie sur des échantillons indéterminables.

La présence du minerai de fer dans le Malm constitue un phénomène absolument local ; cette intercalation ferrugineuse prend la forme d'une lentille aplatie, dont la surface, développée, aurait 2 à 4 kilomètres carrés et dont l'épaisseur varie entre 1 et 2 m. La limite entre le calcaire et le minerai est absolument franche et ce dernier présente une stratification très nette, ce qui exclut toute idée de secrétion postérieure à la sédimentation.

Jura. Généralites. — MM. RENEVIER et SCHARDT [1] ont publié une courte notice explicative de la Feuille XI, 2e édition, de la carte géologique de la Suisse, de laquelle nous extrayons les renseignements suivants, sur les formations jurassiques du Jura vaudois et neuchâtelois et de la région de Pontalier et Lons-le-Saunier :

h) **Purbeckien.** Marnes grisâtres à Planorbes ou à Cyrènes se terminant à la base par la dolomie portlandienne.

g) **Portlandien** calc. compact gris clair à *Natica Marcoui* et *Nerinea trinodosa.*

f) **Ptérocerien** (= Kimmeridgien) calc. grisâtre avec alternance de marnes contenant *Ceromya excentrica* et *Pteroceras Oceani.*

e) **Astartien** (= Séquanien) calc. gris clair ± compact, parfois oolithique avec alternances abondantes de marnes contenant *Terebratula subsella, Waldheimia humeralis,* etc....

d) **Oxfordien** comprenant l'Argovien, le Divésien ou marnes à *Cardioceras cordatum* et le Callovien formé d'oolithes ferrugineuses.

c) **Bathonien** composé de la Dalle nacrée et de marnes et calcaires gris-foncé à *Park. neuffensis, Perisph. arbustigerus, Rhynch. varians, Holectypus depressus,* etc....

b) **Bajocien** représenté dans le Jura vaudois par un calcaire à polypiers.

a) **Lias** qui n'affleure que dans la partie NE de la Feuille et dont le détail n'est pas donné.

[1] E. RENEVIER et H. SCHARDT. Notice explicative de la Feuille XI, 2e édition de la carte géologique de la Suisse. — *Eclog. geol. helv.*, 1900, t. VI, p. 351.

Digitized by Google

Dogger du Jura. — M. MAX MÜHLBERG[1] a réuni dans une notice préliminaire ses principales observations stratigraphiques sur le **Jurassique moyen du Jura septentrional** depuis la région de Porrentruy jusqu'à l'extrémité de la chaîne du Lägern et la région de Zursach au bord du Rhin.

La base du Dogger est formée par 50 m. environ de marnes et argiles noires à *Lioc. opalinum* et *Lyt. torulosum* correspondant au brauner Jura α. Ce complexe renferme des plaques à *Pentacrinus wurtembergicus* des bancs calcaires et des miches de calcaire marneux qui sont surtout fréquentes à la partie supérieure.

Les couches à *Ludwigia Murchisonae* qui suivent présentent un faciès très variable. Au Lägern et dans la partie orientale du Jura on rencontre un premier type, dont une bonne coupe est visible au S d'Ehrendingen. Ce sont des couches alternantes de calcaires marneux, de calcaires spathiques et oolithiques se succédant sur une épaisseur de 20 m. environ et contenant *Ludw. Murchisonae*, *Pecten pumilus*, *Pecten disciformis*, *Terebratula Eudesi*, *Cancellophycus scoparius*, etc.

Dans la région de Delémont le niveau à *Ludw. Murchisonae* paraît réduit à une couche de quelques décimètres seulement de calcaire marneux renfermant des oolithes ferrugineuses.

Enfin un troisième type de cette même zone se trouve à la Wasserfluh au N d'Aarau; il est formé de 10 m. de marnes noires comprises entre 2 bancs de calcaire marneux, oolithique et renfermant des cailloux roulés.

Les couches à *Sonninia Sowerbyi*, à l'inverse du niveau inférieur, subissent une réduction importante de l'O à l'E. Elle sont bien développées dans les environs de Delémont où elles se composent de marnes et de marno-calcaires dont l'auteur donne la coupe détaillée. *Sonninia Sowerbyi* ne se trouve qu'à la partie supérieure en compagnie de *Son. cfr. crassispinata* Buckm., *Son. subspinosa* Buckm., *Poecilomorphus cfr. cycloïdes* d'Orb., etc..., mais les fossiles qu'on trouve dans la partie inférieure de ce complexe sont les mêmes qui sont associés à *Son. Sowerbyi* dans d'autres régions. L'épaisseur totale de cette zone est de 15 à 16 m.

[1] M. MÜHLBERG. Vorläufige Mittheilung über die Stratigraphie des braunen Jura im nordschweizerischen Juragebirge. — *Eclog. geol. Helv.*, 1900, tome VI, p. 293.

Digitized by Google

La réduction des couches à *S. Sowerbyi* commence à partir du Jura argovien et s'accentue tonjours vers l'E; ainsi au Lägern toute la zone est réduite à une épaisseur de 2m75. Elle commence par un mince banc oolithique et se compose de marnes et de marno-calcaires un peu oolithiques à la base, très riches en fossiles. L'auteur donne un profil complet avec les fossiles recueillis dans chaque niveau. Les espèces les plus caractéristiques sont : *Son. Sowerbyi, Hammatoceras klimakomphalum* Vacek, *Ham. adricum* Waagen, *Harpoceras Desori* Moesch, *Belemnites triplicatus* Waagen, *Bel. Gingensis* Oppel, *Pholadomya reticulata* Ag., *Pleuromya tenuistria, Trigonia costata* Park., *Lima incisa* Waagen, *Ctenostreon proboscideum* Sow., *Pecten pumilus* Lam., *P. ambiguus* Goldf., *Terebratula infraoolithica var. Mühlbergi* Haas, *Rhynchonella Gingensis* Waagen, etc.

La réduction des couches à *Son. Sowerbyi* dans certaines parties du Jura s'explique par des émersions locales; ce niveau est en effet riche en cailloux roulés et repose d'autre part fréquemment sur des surfaces de couches perforées de trous de Phollades. C'est à une cause analogue qu'il faut attribuer la réduction très grande et l'absence parfois complète du niveau à Harpoceras concavum, signalé par les auteurs français entre les couches à Ludw. Murchisonae et celles à Son. Sowerbyi.

Au sommet de la zone à Son. Sowerbyi se trouve la « zone neutre » de Moesch, formée de marnes et de calcaires sableux très pauvres en fossiles. On y trouve à la base *Cancellophycus scoparius*, tandis qu'à la partie supérieure MM. Greppin et Lenthardt ont découvert près de Liestal *Sphaeroceras polymerum* Waagen et *Sph. Sauzei* d'Orb. Cette zone qui peut atteindre 30 m. d'épaisseur, se réduit au Lägern à 1 m.

Les couches à *Stephanoceras Humphriesi* ont une épaisseur variant de 1 à 7 m.; elles présentent deux faciès principaux: l'un se compose d'oolithes ferrugineuses, il est le plus répandu et renferme une faune abondante qui a été décrite par Mœsch ; l'autre est un faciès coralligène et ne se présente que localement au N de la Birse et en particulier sur le versant N du Blauen.

Ensuite viennent les couches à *Sphaeroceras Blagdeni* avec d'assez nombreux Lamellibranches : *Pinna Buchii* Koch et Dunther, *Modiola cuneata* Sow., *Avicula Münsteri* Bronn,

Digitized by Google

Avicula echinata Sow. L'épaisseur varie de 4 à 30 m., mais le caractère lithologique est remarquablement constant.

Le niveau à *Parkinsonia Parkinsoni* est représenté dans tout l'O du Jura septentrional par le Hauptrogenstein, qui monte jusqu'aux couches à Rhynchonella varians, tandis que vers l'E il s'amincit progressivement pour être remplacé finalement par des alternances de marnes et de marno-calcaires à P. Parkinsoni.

Dans le Jura bernois septentrional on distingue dans le Hauptrogenstein: 1° à la base l'oolithe subcompacte de Thurmann avec *Clypeus Ploti* Klein (80 m.). 2° Les marnes à *Ostrea acuminata* formées de marnes, de lumachelles, de calcaires oolithiques ou sableux avec *Homomya gibbosa* Ag., *Park. Parkinsoni* Sow., *Terebratula globata*, etc.... 3° La grande oolithe de Thurmann, atteignant au S du Doubs 40 m. d'épaisseur et dont la masse calcaire est divisée en deux par les marnes de Movelier.

On retrouve à peu près la même série dans le Jura bâlois et c'est à partir de là que commence la réduction progressive du Hauptrogenstein; la partie supérieure de la grande oolithe et les couches de Movelier ne tardent pas à disparaître. Près de Frick (Argovie) l'auteur a relevé la coupe suivante qu'il donne dans tous ses détails :

e) Calcaire marneux, sableux ou spathique à *Ostrea Knorri* (14 m.)

d) Oolithe plus ou moins marneuse à *Clypeus Ploti* Kl. et *Echinobrissus Renggeri* (Hauptrogenstein supérieur) (13 à 17 m.).

c) Calcaire plus ou moins oolithique avec bandes marneuses, à *Cidaris maeandrina* Ag., *Pecten Dewalquei* Opp., *Lima semicircularis* Goldf. et des Polypiers (2 m.).

b) Oolithe grossière un peu marneuse avec *Ostrea acuminata* Sow., *O. gregaria* Sow., *Terebratula globata* Sow., *Clypeus Ploti* Kl. (4 à 5 m.)

a) Marno-calcaire, passant à sa partie supérieure à une oolithe blanche, et renfermant *Ostrea acuminata*, *Homomya gibbosa* Ag., *Avicula echinata* Sow.

Les couches à Ostrea Knorri (*e*) sont caractéristiques pour le Jura argovien; les couches à *Cidaris mœandrina* (*c*) semblent correspondre au niveau supérieur de l'oolithe subcompacte. Quant aux couches à *Ostrea acuminata* (*a*), elles occupent ici un niveau nettement inférieur à celui des couches sem-

Digitized by Google

blables du Jura bernois ; en les suivant vers l'O, on les voit devenir de plus en plus calcaires et se confondre finalement avec le reste de l'oolithe subcompacte.

Dans la région de Klingnau et de Zurzach les couches à Park.Parkinsoni sont représentées par 38 m. à peu près de marno-calcaires renfermant à la base *Park. Parkinsoni*, *Park. neuffensis* Oppel, *Bel. giganteus* Schloth., et à leur partie supérieure *Oppelia aspidoïdes* Opp., Ostrea Knorri. — Dans la chaîne du Lägern ce niveau présente exactement le même faciès de marnes noires que M. Schalch a décrit du Wutachthal.

Les couches à *Rhynchonella varians*, qui sont représentées dans le Jura bernois par le « calcaire roux sableux » de Thurmann, prennent plus à l'E le faciès de marnes alternant avec des bancs calcaires. Leur faune, très riche, est bien connue ; on y trouve en particulier les ammonites caractéristiques de la « Great oolithe » d'Angleterre. Il est donc évident que le Hauptrogenstein du Jura, à l'exception peut-être de sa zone supérieure à *Park. ferruginea* et *Opp. aspidoïdes*, représente un niveau plus bas que la grande oolithe d'Angleterre.

Les couches à *Macr. macrocephalus* présentent leur développement normal dans le Jura bâlois et soleurois, où elles sont formées de 50 m. environ de marnes alternant avec des calcaires sableux et renfermant *Macr. macrocephalus* Schloth., *Sphraeroc. cf. microstoma* d'Orb., *Perisph. funatus* Oppel, etc.... Tandis que les marnes prédominent à la base, les calcaires gagnent progressivement en importance vers le haut, en même temps qu'ils deviennent plus spathiques, prenant le faciès de la Dalle nacrée. Vers l'O ces couches diminuent d'épaisseur et deviennent de plus en plus calcaires et spathiques. Dans le S et l'E du Jura argovien elles sont réduites à quelques mètres d'épaisseur et renferment des parties oolithiques ferrugineuses.

Les couches à *Reineckeia anceps* et *Peltoceras athleta* n'existent dans le Jura septentrional que sous forme sporadique et n'ont jamais que quelques centimètres d'épaisseur. L'auteur a réussi cependant à y reconnaître en deux points différents, dans la cluse d'Oensingen et près de Liesberg dans la vallée de la Birse, des niveaux paléontologiques bien distincts.

Quant aux couches à *Cardioceras Lamberti* et *Card. cor-*

Digitized by Google

datum, elles existent dans le Jura argovien mais y sont excessivement réduites.

Vers l'E et vers le S elles sont remplacées par un dépôt oolithique dans lequel sont mélangées des ammonites des zones à R. anceps, Pelt. athleta, Card. Lamberti et Card. cordatum et qui est sans aucun doute un produit de remaniement. Nous avons ici la preuve d'une émersion et d'une érosion qui expliquent suffisamment la réduction de tout le Callovien dans cette région. Cette émersion est confirmée d'autre part par les trous de Pholades abondants sur la surface des couches à M. macrocephalus et par la présence de nombreux cailloux roulés dans la couche à fossiles mélangés.

L'auteur termine par quelques considérations sur la structure et l'origine des oolithes. Il admet que le mouvement de l'eau est nécessaire à la formation de ces roches qui représentent donc des dépôts de faible profondeur. Les oolithes ferrugineuses paraissent être encore plus exclusivement littorales que les oolithes blanches ; il est à remarquer qu'elles reposent très souvent sur des surfaces corrodées et par conséquent antérieurement émergées ; c'est le cas de l'oolithe de Bayeux, comme aussi de plusieurs dépôts oolithiques du Jura.

M. M. Mühlberg [1] revient dans une petite note additionnelle sur le caractère littoral et d'eau peu profonde des dépôts medio-jurassiques dans la partie NE du Jura suisse et sur l'absence complète de ces dépôts vers le S. Ces faits lui semblent démontrer que la région au S du Jura oriental devait être émergée pendant l'époque callovienne et infra-oxfordienne.

M. Karl Strübin [2] a décrit un beau profil à travers le Dogger inférieur, qui est visible dans le lit de l'Ergolz au pied de la colline de Hasenacker, près de Liestal. Ce profil, déjà étudié du reste par M. Greppin offre de bas en haut la succession suivante :

A. Zone à Ludwigia Murchisonae.

1. Calcaire gris-rougeâtre, spathique finement oolithique avec *Ludw. Murchisonae* Sow. et Pecten pumilus Lam. (1,5 m.)

[1] M. Mühlberg. Ergänzende Notiz zur vorläufigen Mittheilung über die Stratigraphie des braunen Jura im nordwestlichen Juragebirge. — *Eclog. geol. helv.*, tome VI, p. 505-506.

[2] Karl Strübin. Ein Aufschluss der Sowerbyi-Schichten im Baseler Tafeljura. — *Eclog. geol. helv.*, 1900, tome VI, p. 332.

Digitized by Google

2. Calc. marneux gris-bleu, finement oolithique, avec *L. Murchisonae*, *Lioc. concavum* Sow., *Pecten pumilus* (0,12),

3. Calc. sableux, micacé et bien stratifié, brunâtre, avec *Pecten Gingensis* Quenst., *Avicula sp.*, etc. (0.2 m.)

4. Calc. gris-bleu, sableux et micacé avec un fragment de Ludwigia sp. (0.25 m.)

5. Calc. sableux, jaune à la surface, sans fossile (0.15 m.)

6. Marne bleuâtre, micacée, sans fossile (0.15 m.).

7. Calc. gris-verdâtre, finement spathique, avec débris de Bivalves (0.8 m.).

B. **Zone à Sonninia Sowerbyi.**

8. Calc. marneux, à concrétions, devenant jaune à la sur face (0.1 m.)

9. Marne micacée bleuâtre, avec cristaux de gypse, renfermant *Bel. Gingensis* Op., *Bel. praecursor* (?) Mayer et quelques Lamellibranches (1.8 m.).

10. Calc. oolithique, bleuâtre, avec concrétions, à *Hyperlioc. discoïdeum* Quenst., *Bel. Blainvillei* Voltz (0.15 m.).

11. Marne micacée, grise, renfermant à la base des bancs oolithiques avec *Gryphea sublobata* Desh., *Pholad. reticulata* Ag., *Inoceramus polyplocus* Rœmer, *Pecten pumilus* Lam. *Bel. Blainvillei* Voltz, *Bel. Gingensis* Op. (3 m.)

12. Marno-calcaire oolithique, bleuâtre, à concrétions, avec *Bel. Blainvillei* Voltz, *Pecten lens* Sow. (0.18 m.)

13. Marne grise, à petites concrétions, *Inoceramus polyplocus* Rœm. et *Sonninia jugiferia* Waag. (7.5 m.)

14. Marnes noires à concrétions et oolithes ferrugineuses, renfermant *Cidaris Gingensis* Waag., *Rhabdocidaris horrida* Mer., *Pentacrinus bajociensis* d'Orb., *Pentacrinus cristagalli* Quenst., *Terebratula globulus* Waag. (0.20 m.)

15. Calc. spathique bleuâtre, grossièrement oolithique, à *Sonninia Sowerbyi*, *Pœcilomorphus Schlumbergeri* Haug, *Pleuromya elongata* Goldf., *Gresslya abducta* Phil., *Astarte excavata* Sow., *Protocardia striatula*, *Modiola scalata* Waag., *Anomia Gingensis* Quenst., *Lima proboscidea* Lam., *Lima semicircularis* Münster, *Lima pseudovalis* Waag., *Pecten pumilus* Lam., *Pecten Gingensis* Quenst., *Rhynchonella tenuispina* Waag., *Rhynch. parvula* Desh., *Terebratula Phillipsii* Mor. et Lyc., etc. (0.40 m.)

16. Marnes noires avec débris de Pecten, de Cidaris et de Bryozoaires et des dents de Squales. (0.50 m.)

Digitized by Google

17. Calc. spatique, brun à la surface avec *Pecten pumilus* (0.43 m.).

18. Calc. à Echinodermes, en plaquettes, gris, avec *Rhabdocidaris horrida*. (0.15 m.)

19. Marne bleue, micacée, avec cristaux de gypse renfermant *Bel. giganteus var. ellipticus* Miller. (4 m.)

C. **Zone à Sphaeroceras Sauzei.**

20. Calc. gris-bleuâtre, en bancs alternant avec de fines couches de marnes avec *Bel. giganteus var. ellipticus* Miller. (2.6 m.)

L'auteur termine par une courte description des deux variétés *trigonatus* Quenst. et *rudis* Quenst de *Sonninia Sowerbyi*.

M. von Huene[1] donne dans son étude géologique des **environs de Liestal** une description très sommaire des couches du Dogger de cette région. Il a relevé dans les carrières d'Engelburg près de Bubendorf la succession suivante de haut en bas :

6. Couches à *Rhynch. varians*.

5. Marnes oolithiques à Discoïdées. (5 m.)

4. Couche à Ter. maxillata. (3.9 m.)
- *f*) Calc. dur, gris à Polypiers. (0.35 m.)
- *e*) Marnes à *Ter. maxillata*. (0.90 m.)
- *d*) Banc composé presque exclusivement de Polypiers (0.60 m.)
- *c*) Oolithe brune et grise. (0.40 m.)
- *b*) Marne à *Ter. maxillata*. (0.80 m.)
- *a*) Calc. compact gris (0.85 m.).

3. Oolithe blanche. (10 m.)

2. Oolithe en couches dont les surfaces sont rugueuses et supportent des intercallations sableuses. (15 m.)

1. Calc. schisteux, foncé ou jaunâtre. (0.50 m.)

\+ 12 m. de Hauptrogenstein.

Il faut remarquer l'absence dans ce profil de la couche oolithique qui sépare ailleurs la zone à *Ter. maxillata* de l'oolithe à Discoïdées. Cette couche qui atteint encore 9 m. à Mönchenstein a été assimilée à tort au Forest marble.

[1] Dr F. von Huene. Geologische Beschreibung der Gegend von Liestal im Schweizer Tafeljura. — *Verh. der naturf. Ges. Basel*, B. XII, H. 3, p. 293.

Digitized by Google

M. GREPPIN[1] a terminé l'année dernière sa belle monographie paléontologique du **Bajocien supérieur des environs de Bâle.** Dans la partie de cette étude, qui vient de paraître, il décrit encore 64 espèces de Lamellibranches, Brachiopodes, Vers et Echinodermes qui se répartissent de la façon suivante entre les divers niveaux paléontologiques du Bajocien:

A. Zone à *Lioceras concavum.*

Ctenostreon pectiniforme Schloth.

B. Zone à *Sonninia Sowerbyi.*

Lima Annonii, Merian.
» Schimperi, Branco.
» alticosta, Chap. et Dew.
» Mülleri, Greppin.
Ctenostreon pectiniforme, Schlot.
Alectryonia flabelloïdes, Lam.
Gryphea sublobata, Desh.
Rhynchonella subtetraedra, Dav.
» spinosa, Schlot.
Cidaris spinulosa, Roemer.

C. Zone à *Sphaeroceras Sauzei.*

Lima Mattheyi, Greppin.
Ctenostreon pectiniforme, Schlot.
Alectryonia flabelloïdes, Lam.
» crenata, Goldf.
Ostrea eduliformis, Schloth.
Terebratula globata var. Birdlipensis, Walker.
Heimia Mayeri, Choffat.
Collyrites ringens, Desm.
Zeilleria subbucculenta, Chap. et Dew.
Aulacothyris carinata, Lam.
Rhynchonella Pallas, Chap. et Dew.
» subangulata, Dav.
» subdecorata, Dav.
» spinosa, Schlot.
Rhabdocidaris horrida, Merian.
Collyrites Gillieroni, Desor.

D. Zone à *Stephanoceras Humphriesi.*

Lima semicircularis, Goldf.
» Annonii, Merian.
» Schimperi, Branco.
» impressa, Mor. et Lyc.
» propinqua, Merian.
» concinna, Merian.
» alticosta, Chap. et Dew.
» duplicata, Sow.
Limea duplicata, Goldf.
Limatula helvetica, Op.
Ctenostreon pectiniforme, Schlot.
Semipecten tuberculosus, Goldf.
Alectryonia flabelloïdes, Lam.
» crenata, Goldf.
Alectryonia asellus, Merian.
» Knorri, Voltz.
» rastellaris, Goldf.
Ostrea eduliformis, Schlot.
» obscura, Sow.
» calceola, Zieten.
» sandalina, Goldf.
Terebratula perovalis, Sow.
» omalogastyr, Zieten.
» würtembergica, Op.
» cf. decipiens, Desl.
» Philipsii, Mor.
» Buckmanni var. buckmanniana, Walker.

[1] ED. GREPPIN. Description de fossiles du Bajocien sup. des environs de Bâle. — *Mémoires de la Soc. pal. suisse,* Vol. XXVII, 3e partie avec 7 pl. et 1 tableau stratigraphique.

Digitized by Google

Heimia Mayeri, Choffat.
Zeilleria cadomensis, Desl.
» subbucculenta, Chap. et Dew.
» Waltoni, Dav.
Aulacothyris carinata, Lam.
Rhynchonella quadriplicata, Ziet.
» Pallas, Chap. et Dew.
» obsoleta, Sow.
» acuticosta, Zieten.
» spinosa, Schlot.
Acanthothyris Crossi, Walker.
Serpula tetragona, Sow.
» convoluta, Goldf.
» lumbricalis, Schlot.
Serpula grandis, Goldf.
» flaccida, Goldf.
» socialis, Goldf.
Rhabdocidaris horrida, Merian.
Pseudodiadema pentagonum, Wright.
Hemipedina aspera, Desor.
» perforata, Wright.
Pedina inflata, Desor.
Collyrites ringens, Desm.
» Gillieroni, Des.
Pentacrinus crista-galli, Quenst.
» bajociensis, d'Orb.
Crenaster prisca, Goldf.

E. Zone à *Stephanoceras Blagdeni.*

Lima Choffati, Greppin.
Ctenostreon pectiniforme, Schlot.

M. Greppin donne en terminant la liste d'une série de fossiles qui ont été découverts par M. Strübin depuis la publication des deux premières parties de ce travail dans la zone à *Lioceras opalinum.* Nous ne citons ici que les Céphalopodes :

Lioceras opalinum, Rein.
Grammoceras subundulatum, Branco
» cfr. subserrodens, Branco.
Hammatoceras cfr. subinsigne, Opp.
Lytoceras torulosum, Schübler.
» dilucidum, Op.
Belemnites breviformis, Voltz.
» inornatus, Phil.
» tricanaliculatus, Zieten.

Malm du Jura. M. Ed. Greppin[1] a publié un aperçu critique des travaux de MM. J.-B. Greppin, Choffat et Rollier sur la question des **parallélismes du Jurassique supérieur** dans le Jura septentrional. Il se range à l'opinion de M. Rollier et admet en particulier le parallélisme de l'Argovien et du Rauracien. Il se base pour cela spécialement sur la région de Seewen et Büren, où l'on peut voir les couches de Geissberg et d'Effingen remplacées latéralement sur une très courte distance par les calcaires coralligènes. Le contraste de facies entre le N et le S du Jura septentrional peut s'expliquer en admettant que, à l'époque argovienne, le bord du massif alors émergé des Vosges et de la Forêt Noire était occupé par une zone de récif, tandis qu'au large de ce massif, vers

[1] Ed. Greppin. Ueber den Parallelismus der Malmschisten im Jura Gebirge. — *Verh. der naturf. Ges.-Basel,* B. XII, H. 3, p. 402, avec 1 tableau.

Digitized by Google

le S, par suite d'un approfondissement rapide de la mer, se déposaient des formations pélagiques.

A cette notice est joint un tableau qui établit les parallélismes exacts entre l'Oxfordien, l'Argovien et le Séquanien du Jura bernois et les formations correspondantes du Jura argovien.

M. von Huene[1] a fait une étude détaillée des divers affleurements de **Malm des environs de Liestal.**

Ces affleurements sont assez nombreux soit au N, soit au S de l'Ergolz, mais ils sont le plus souvent très peu étendus et ne montrent jamais qu'une petite partie de la série suprajurassique a la fois. Pourtant, en comparant ses nombreuses observations, l'auteur a pu établir une succession caractéristique pour l'ensemble de la région et que l'on peut subdiviser de bas en haut de la façon suivante:

1. Les couches à *Macrocephalites macrocephalus.*

2. Les argiles à *Quenstedticeras Lamberti* et *Peltoceras athleta.* Cette formation renferme à sa partie supérieure des chailles qui deviennent de plus en plus abondantes vers le haut. Il se fait ainsi un passage graduel des argiles aux couches suivantes.

3. Calcaire clair à *Cardioceras cordatum* Sow.

4. Les couches de Birmensdorf, qui présentent ici un faciès très constant, tout à fait analogue à celui qu'on trouve dans le Jura argovien, et qui renferment un grand nombre de fossiles:

Belemnites hastatus, Blainv.
Perisphinctes plicatilis, Sow.
» colubrinus, Rein.
» virgulatus, Quenst.
» crotalinus, Siem.
» Schilli, Opp.
» Choffati, de Riaz.
» Martelli, Opp.
Peltoceras transversarium, Quenst.
» perarmatum, Sow.
Aspidoceras Oegir, Op.
Oppelia arolica, Op.
» semiplana, Op.
» lophota, Op.
» stenorhyncha, Op.
» Pichleri. Op.
Oppelia cf. Gmelini, Op.
Isocardia lochensis, Quenst.
» cordiformis, Lang.
Opis virdunensis, Buv.
Hinnites velatus, Goldf.
Alectryonia rastellaris, Goldf.
Terebratula bisuffarcinata, Ziet.
» Stockari, Moesch.
» Rollieri, Haas.
Zeilleria delemontana, Op.
Megerlea pectunculus, Schloth.
Cidaris propinqua, Münster.
» cervicalis, Ag.
Collyrites ovalis, Cotteau.
Dysaster granulosus, Münster.
Asterias jurensis, Quenst.
» impressae, Quenst.
Balanocrinus subteres, Goldf.

[1] v. Huene. Geol. Beschr. der Gegend von Liestal.

Digitized by Google

5. Les couches d'Effingen qui rappellent exactement les formations correspondantes du Jura argovien. La base de ce complexe est calcaire et renferme de nombreux échantillons de Perisphinctes de grande taille : *P. plicatilis*, Sow., *P. subrota*, Chof., *P. rhodanicus*, Dum. La partie supérieure est marneuse vers le N, plus calcaire vers le S, et renferme alors une grande abondance de Pholadomyes : *Pholadomya exaltata*, Ag,, *Ph. paucicosta*, Roem., *Ph. canaliculata*, Roem.

6. Les couches de Geissberg qui augmentent progressivement d'épaisseur du NE vers le SO et qui possèdent une faune mélangée composée d'espèces du Jura occidental d'une part, du Jura oriental d'autre part :

Perisphinctes colubrinus, Rein.
Nerinea contorta, Buv.
Pseudomelania heddingtonensis, Sow.
Gryphea dilatata, Sow.
Lima Drya, P. de Lor.
Pecten vitreus, Roem.
Lucina valfinensis, P. de Lor.
Pleuromya cf. varians, Ag.
Rhynchonella corallina, Leym.
Cidaris florigemma, Phil.
» Blumenbachi, Münster.
Hemicidaris intermedia, Forbes.
Pentacrinus amblyscalaris, Thurm.
» pentagonalis, Goldf.

7. Calcaires blancs coralligènes qui tantôt débutent à la base par les marno-calcaires de Seewen, tantôt alternent avec eux, et qui peuvent être parallélisés avec les couches à Hemicidaris crenularis.

8. Oolithe blanche et calcaire saccaroïde à *Diceras eximium*, Bayle, et *Astarte minuta*, Roem., qui représente ici le Séquanien inf.

9. Calcaires brunâtres, clairs, à *Zeilleria humeralis*, Roem., *Rhynchonella corallina*, Leym., *Pecten vimineus*, Sow., *P. episcopalis*, P. de Lor.

M. DE LORIOL[1] vient de compléter son précédent travail sur les **couches à Creniceras Renggeri** du Jura bernois par une monographie des mêmes formations des environs de Lons-le-Saunier. La faune étudiée dans ce nouveau travail a été récoltée par M. Abel Girardot: elle comprend 103 espèces dont 61 Céphalopodes, 21 Gastéropodes, 18 Lammellibranches et 3 Brachiopodes. Sur ces 103 espèces, 69 ont déjà été décrites dans la monographie concernant le Jura bernois; 34 au contraire n'ont pas été signalées jusqu'ici dans le Jura

[1] P. DE LORIOL. Etude sur les Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien inf. ou zone à Am. Renggeri du Jura lédonien. — *Mémoires de la Soc. pal. suisse*, vol. XXVII, 1900, 143 p., 19 fig. i. texte et 6 pl.

Digitized by Google

bernois et parmi ces dernières 17 sont complètement nouvelles.

Ces 34 espèces sont les suivantes:

Belemnites hastatus, Blainw.
» sauvanausus, d'Orb.
» Coquandi, d'Orb.
» pressulus, Quenst.
Phylloceras Zignodianum, d'Orb.
» transiens, Pomp.
Harpoceras trimarginatum, Op.
» Eucharis, d'Orb.
Hecticoceras Svevum, Bonar.
Haploceras Erato, d'Orb.
Oppelia Baylei, Coq.
» ledonica, sp. nov.
Sphaeroceras Chapuisi, Op.
Perisphinctes billodensis, sp. nov.
» Mairei, sp. nov.
» Bonjouri, sp. nov.
» ledonicus, sp. nov.
» Girardoti, sp. nov.
Perisph. montrivelensis, sp. nov.
Peltoceras athletulus, Ch. Mayer.
Alaria ? Mairei, sp. nov.
» Berlieri, sp. nov.
Cerithium Girardoti, sp. nov.
Eligmoloxus ? Choffati, sp. nov.
Natica billodensis, sp. nov.
Neritopsis Deslongchampsi, Beaudoin.
Littorina Meriani, Goldf.
Purpurina ? Mairei, sp. nov.
Pleurotomaria ? andelotensis sp. nov.
Lucina Berlieri, sp. nov.
Astarte Girardoti, sp. nov.
Arca Berlieri, sp. nov.
Pecten subfibrosus, d'Orb.
Ostrea unguis, Merian.

La faune des couches à Cren. Renggeri du Jura ledonien présente du reste la plus grande analogie avec celle du Jura bernois; il est à remarquer pourtant que certaines espèces d'ammonites, très fréquentes dans une des deux régions, sont rares dans l'autre ; ainsi *Harpoceras Hersilia*, d'Orb., est rare dans les environs de Lons-le-Saunier, tandis qu'il abonde dans le Jura bernois ; inversément, *Harpoceras rauracum*, Ch. Mayer, et *Perisphinctes Kobyi* sont beaucoup plus richement représentés dans le Jura lédonien que dans le Jura bernois.

La monographie paléontologique de M. de Loriol est suivie par une notice stratigraphique due à M. L.-A. GIRARDOT[1] et concernant les **marnes à Cren. Renggeri dans le Jura ledonien**, c'est-à-dire dans toute la région comprise à l'O des hautes chaînes, entre Salins au N, Saint-Amour et Saint-Julien au S.

Dans toute cette étendue les couches à *Cren. Renggeri*, qui constituent la base de l'Oxfordien, reposent sur la zone à *Pelt. athleta* qui renferme en grande abondance *Belemnites latesulcatus*, d'Orb., et *Aptychus berno-jurensis*, Th.

[1] Prof. L.-A. GIRARDOT. Notice stratigraphique sur les marnes à Am. Renggeri du Jura Lédonien. — *Mém. de la Soc. pal. suisse*, vol. XXVII, 1900, 52 p.

Digitized by Google

Tandis que les marnes reposent ainsi sur un faciès constant elles supportent au contraire des séries diverses suivant les régions. Au N, dans les environs de Besançon et jusque près de Salins, elles sont recouvertes par les marnes et marno-calcaires à *Pholadomya exaltata* du type franc comtois, tandis que vers l'E et le SE elles supportent les couches de Birmensdorf du type argovien. Le tableau suivant montre du reste clairement le déplacement progressif de l'E à l'O de la limite entre les deux faciès franc-comtois et argovien :

Nans sur Sainte-Anne.	Andelot en montagne.	Champagnole Mont Rivel.	Chatelneuf et la Billode.	Morez et Saint-Claude.
		Couches du Geissberg 60 m.	Couches du Geissberg 58 m.	Couches du Geissberg } 210 m.
	Couches d'Effingen 96 m.	Couches d'Effingen. 96 m.	Couches d'Effingen. 96 m.	Couches d'Effingen. }
Couches à Pholadomya exaltata. 35 à 40 m.	Couches de Birmensdorf 4 m. 50	Couches de Birmensdorf 9 m. 40	Couches de Birmensdorf. 13 m.	
	Couches à Phol. exaltata 13 m.	Couches à Phol. exaltata 4 m. 50		
Marnes à Cren. Renggeri 25 à 30 m.	Marnes à Cren. Renggeri. 25 m.	Marnes à Cren. Renggeri. 23 m.	Marnes à Cren. Renggeri. 25 m.	Couches de Birmensdorf. 20 m.

Les couches à *Creniceras Renggeri* forment un complexe très uniforme de 25 m. environ d'épaisseur, de marnes argileuses, dures, grises-noirâtres à l'intérieur, mais devenant plus claires à l'air. Ces marnes sont avant tout caractérisées par les innombrables fossiles pyriteux qu'elles renferment avec des concrétions de pyrite qui sont surtout fréquentes à la partie supérieure. On y trouve d'autre part des cristaux de gypse en grand nombre et atteignant parfois des dimensions importantes. La faune est composée en très grand partie de Mollusques et surtout d'ammonites ; les débris végétaux ne consistent qu'en des fragments de tiges indéterminables et en des graînes de Cycadées, qui se trouvent à l'état de rareté dans les marnes à la Billode et à Châtillon, et appartiennent à deux espèces décrites par M. de Saporta *Cycadeospermum Berlieri* et *Cycadeospermum Choffati*.

Digitized by Google

L'un des gisements les meilleurs et les plus fossilifères des marnes à *Cr. Renggeri* se trouve à la **Billode** près de la gare de Vaudioux. Les marnes oxfordiennes qui reposent ici sur les couches marneuses et oolithiques du Callovien supérieur à *Peltoceras athleta*, *Belemnites latesulcatus*, d'Orb., et *Aptychus berno-jurensis*, Th., ont environ 25 m. d'épaisseur et supportent directement les couches de Birmensdorf à *Ochetoceras canaliculatum*, Buch., *Neumayria Bachi*, Op., *Aspidoceras Oegir*, Op., etc.... Elles se divisent en un niveau inférieur excessivement fossilifère et un niveau supérieur beaucoup moins riche, quoique renfermant encore un grand nombre de fossiles. *Cardioceras cordatum* est notablement plus fréquent au niveau supérieur qu'au niveau inférieur ; il en est de même de *Harpoceras rauracum* ; en outre on trouve dans les couches supérieures *Harpoceras trimarginatum* et *Harp. Eucharis* qui manquent plus bas. Par contre *Hecticoceras Bonarelli* devient très rare au niveau supérieur, les Phylloceras y sont réduits à une seule espèce, du reste peu fréquente ; *Oekotraustes scaphitoïdes* y a presque disparu et les Peltoceras y sont très réduits.

M. Girardot, qui a recueilli à la Billode plus de 10 000 échantillons, y a reconnu la présence de 98 espèces distinctes dont il donne la liste complète. Les ammonites se répartissent entre 47 espèces et forment près du 84 % des échantillons trouvés.

Un autre affleurement important se trouve à la base du Mont-Rivel vers la gare de Champagnole. Ici les marnes à *Cr. Renggeri*, épaisses de 23 m. environ, passent à leur partie supérieure aux marnes à banc calcaréo-marneux à *Pholadomya exaltata*. A $4^{m}50$ au-dessous de leur limite supérieure elles renferment un petit banc marno-calcaire qui se délite en débris irréguliers. Les couches à sphérites avec Phol. exaltata n'ont ici que $4^{m}50$ d'épaisseur et supportent à leur tour les couches de Birmensdorf.

Ce gisement, dans lequel la partie moyenne et supérieure des marnes oxfordiennes est seule visible, est caractérisé par la très grande abondance des *Harpoceras* (*H. rauracum*, *H. Eucharis*, *H. trimarginatum*) des Hecticoceras et des Oekotraustes (*Oek. Kobyi*) et par la rareté relative des Perisphinctes et des Peltoceras. Dans la partie supérieure *Cardioceras cordatum* devient très abondant et en particulier la variété A de M. de Loriol.

Les marnes à *Cr. Renggeri* se montrent en différents points à l'E de Lemuy, Chapois et Andelot sous les couches à

Digitized by Google

Pholadomya exaltata, dont l'épaisseur est ici notablement plus grande qu'à Mont-Rivel.

La région de l'Eute fournit, elle aussi, divers affleurements, soit près de Mirebel, soit dans les environs de Châtillon. Près de cette dernière localité se trouve un gisement de marnes oxfordiennes particulièrement fossilifère, dans lequel existe, à quelques espèces près, la faune de la Billode. D'autre part, plusieurs gisements fossilifères des couches à *Creniceras Renggeri* se trouvent dans les environs de Lons-le-Saunier et enfin ces mêmes couches affleurent encore dans la partie méridionale du Jura lédonien, au S de la ligne Beaufort-Clairvaux.

En étudiant ainsi comparativement les nombreux gisements fossilifères des marnes à *Creniceras Renggeri* dans le Jura lédonien, M. Girardot a pu reconnaître dans ce complexe 3 niveaux paléontologiques qui se distinguent par des différences importantes dans la fréquence relative des espèces d'ammonites et par la présence de certaines formes qui sont propres à l'un d'eux spécialement.

A. Niveau inférieur, formant la base des marnes à la Billode et à Châtillon sur l'Ain. Ce niveau est très fossilifère, les Quenstedticeras y sont relativement abondants, tandis que *Cardioceras cordatum* y est rare. *Hecticoceras Bonarelli* y est très fréquent, tandis que *Harpoceras rauracum* est très rare et que *Harp. Eucharis* et *Harp. trimarginatum* manquent complètement. Les espèces suivantes paraissent propres à ce niveau : *Kepplerites Petitclerci*, P. de Lor., *Oppelia Spixi*, Oppel, *Op. Langi*, P. de Lor., *Op. Mayeri*, P. de Lor.

B. Niveau moyen, qui n'affleure pas à la Billode et forme au Mont-Rivel la base de l'affleurement. Cette zone présente des caractères de passage entre les deux autres, tout en se rapprochant davantage du niveau supérieur. Les *Cardioceras cordatum* et les *Harpoceras rauracum* y deviennent déjà plus abondants, tandis que les Hecticoceras y ont subi une réduction sensible. *Peltoceras Choffati*, P. de Lor., et *Oppelia ? puellaris*, P. de Lor., n'ont été trouvées jusqu'ici qu'à ce niveau.

C. Niveau supérieur, caractérisé par la grande abondance des *Card. cordatum* et des *Harp. rauracum* par la présence de *Harp. trimarginatum* et *Harp. Eucharis* et par la rareté relative des Hecticoceras, des Perisphinctes et des Peltoceras.

Digitized by Google

Versant S-E de la Forêt Noire. — M. SCHALCH[1] a pu, grâce à des fouilles pratiquées près d'Ewattingen, sur la Wutach, établir un profil précis de la zone de contact du Keuper et du Lias inférieur de cette région. Il a constaté que l'Hettangien inférieur à *Psiloceras Johnstoni*, Sow., *Nautilus striatus*, Sow., *Lima punctata*, Sow., repose directement sur le Keuper supérieur. Le Rhétien fait donc ici complètement défaut, tandis que l'Hettangien et le Sinémurien sont bien développés et fossilifères. Cette constatation confirme du reste le fait observé déjà en divers autres points de l'absence du Rhétien sur le versant SE de la Forêt Noire, ainsi que dans le NE du Jura.

M. SCHALCH[2] donne d'autre part dans un récit d'excursions faites dans la **région de Donaueschingen** de nombreux renseignements stratigraphiques sur les formations jurassiques qui s'y présentent. C'est surtout près d'Achdorf sur la Wutach et au Eichberg près de Blumberg, que les couches jurassiques se prêtent bien à une étude. A Achdorf affleurent le Lias et le Dogger jusqu'aux argiles à *Park. Parkinsoni;* près de Blumberg l'on peut suivre la série du Dogger et du Malm depuis les couches à *Lytoceras jurense* jusqu'au niveau à *Peltoceras bimammatum.*

Le système jurassique présente dans la région de la Baar et du Randen, de haut en bas, la succession suivante :

Malm.

e) Calc. en bancs à *Reineckeia mutabilis.*
d) Couches à *Oppelia tenuilobata.* (20 m.)
c) Calc. bien stratigraphiés à *Peltoceras bimammatum.*(90 m.)
b) Argile à *Aulacothyris impressa* dans lesquels sont intercalés de nombreux bancs marneux et calcaires. On y distingue à la base deux bancs calcaires à Nullipores. (60 m.)
a) Couches de Birmensdorf à *Peltoceras transversarium.* (0.2 m.)

[1] F. SCHALCH. Ueber einen neuen Aufshluss an der Keuper-Lias-Grenze bei Ewattingen an der Wutach. — *Mitth. der grosh. badischen geol. Landesanstalt*, 1900, B. IV, H. 1.

[2] Dr F. SCHALCH. Exkursionen nach Hüfingen, Hausen vor Wald, Marbach an die Wutach, April 1900. — *Bericht über die 33. Versam. des oberrhein. geol. Vereins in Donaueschingen*, p. 43.

Digitized by Google

Dogger.

l) Marnes à *Cardioceras cordatum* très peu épaisses.

k) Couche oolithique à *Macr. macrocephalus.* (1.5 m.)

j) Calc. à *Rhynchonella varians.* (5.5 m.)

i) Argiles à *Ostrea Knorri, Oppelia fusca, Parkinsonia ferruginea.* (6,5 m.)

h) Couches à *Parkinsonia Parkinsoni*, formées d'argiles avec de petits bancs calcaires intercalés (47 m.)

g) Argiles avec bancs calcaires minces à *Park. subfurcata.* (2,5 m.)

f) Couches à *Stephanoceras Humphriesi*, calcaires à leur partie supérieure et renfermant *St. Humphriesi* et *St. Blagdeni*, marneux à la base et dans leur partie moyenne et renfermant *Belemnites giganteus* et *Rhabdocidaris horrida.* (14 m.)

e) Calc. bleu à *Cancellophycus scoparius.*

d) Couches à *Sonninia Sowerbyi* formées en grande partie d'argiles avec à leur partie moyenne des bancs marno-calcaires fossilifères contenant *S. Sowerbyi* et Ostrea sublobata (18,5 m.)

c) Couches à *Ludwigia Murchisonae* comprenant 4 m. de calcaires marneux à L. Murchisonae, *Oxynoticeras staufense, Pecten pumilus* et au-dessous 14 m. d'argiles sans fossiles.

b) Couches argileuses à *Trigonia navis* limitées en haut et en bas par un mince banc calcaire. (9 m.)

a) Argiles à *Lioceras opalinum* et *Lytoceras torulosum.* (65 m.)

Lias.

k) Marnes à *Lytoceras jurense.* (2,5 m.)

j) Argiles à *Posidonomya Bronni* avec 3 bancs minces de calcaires bitumineux. (12 m.)

i) Zone à *Amaltheus spinatus.* (1,3 m.)

h) Zone à *Amaltheus margaritatus.* (5 m.)

g) Zone à *Dumortieria Jamesoni* et *Deroceras Davoei.*(3 m.)

f) Banc calcaire à *Gryphea obliqua.* (0,3 m.)

e) Argiles à *Arietites obtusus.* (20 m.)

d) Calcaire à *Arietites Bucklandi* et *Gryphea arcuata.* (5-6 m.)

Digitized by Google

c) Banc à *Schlotheimia angulata.* (0,8 m.)
b) Argile sans fosile (7,5 m.)
a) Banc calcaire à *Psiloceras Johnstoni.* (0,5 m.)

Crétacique.

MM. de Fellenberg, Kissling et Schardt [1] ont décrit sommairement les principaux niveaux du **Crétacique des environs de Kandersteg,** qu'ils subdivisent comme suit :

e) Gault formé de grès qui affleurent près du sommet du Wildstrubel.

d) Argiles aptiennes associées au Gault.

c) Calcaire blanc, gris ou foncé, compact et formant un seul banc de 80 à 150 m. d'épaisseur, représentant l'Urgonien (Schrattenkalk).

b) Calcaires gris, foncés, gréseux avec lits marneux, représentant l'Hauterivien. (150-200 m.)

a) Schistes et calcaires foncés de Berrias avec *Cidaris pretiosa.* L'épaisseur normale de cette couche ne peut être évaluée à cause des phénomènes d'étirement ou de plissement qu'elle a subis.

D'après M. Lugeon [2] la série infracrétacique présente dans la région comprise entre le Sanetch et la Kander sensiblement les mêmes caractères que dans les Hautes Alpes vaudoises. Sous la Plaine Morte l'Urgonien passe latéralement vers le S à un faciès schisteux foncé, analogue à celui du Néocomien. L'Aptien, qui prend le faciès du calcaire à rudites, se confond avec l'Urgonien. L'Albien est très fossilifère sous la Plaine Morte; au-dessus repose le Sénonien, qui est formé par les calcaires de Seewen à *Ananchytes ovata* et par des schistes crayeux. Ces derniers supportent vers le S les masses noires des couches de Wang, dont le caractère transgressif est très net.

M. S. Blumer [3] a reconnu dans les pentes SE du Glärnisch, interprétées successivement de façons très différentes par MM. Baltzer, Heim et Rothpletz, l'existence de toute la série crétacique normale dont il donne la coupe qui suit :

[1] M. Lugeon. Géol. de la région entre le Sanetsch et la Kander.
[2] de Fellenberg, Kissling et Schardt. Lötschberg u. Wildstrubel-Tunnel. Geol. Exp.
[3] S. Blumer. Eine geologische Beobachtung am SO Fusse des Glärnisch. — *Eclog. geol. helv.*, t. VI, p. 348.

Digitized by Google

4. Calc. de Seewen typique. (10 m.)

3. Grès vert du Gault à *Turrilites Bergeri*, Brong., *Acanthoceras Milletianum*, d'Orb., *Hamites attenuatus*, Sow. (10 m.)

2. Calcaire coralligène de l'Urgonien avec des intercalations marneuses à *Orbitulina lenticularis*, d'Orb., *Waldheimia tamarindus*, *Terebratula cf. Sella*, *Rhynchonella Gibbsi*, Sow. (60 m.)

1. Néocomien et Valangien qui se décomposent de la façon suivante :

e) Bancs à *Exogyra Couloni* silicifiées.
d) Bancs schisteux à *Exogyra Couloni* non silicifiées.
c) Grès vert sans fossile.
b) Calcaire siliceux, gris-bleuâtre.
a) Calcaire siliceux rugueux, devenant brun clair à la surface.

} 80 m.

Ce complexe repose normalement sur le Jurassiqne supérieur et il existe en réalité ici toute la série normale depuis le Trias jusqu'à l'Eocène.

D'après M. Lorenz[1] la série crétacique débute au Flaescherberg par un complexe dans lequel alternent le faciès marno-calcaire à Aptychus et le faciès schisteux sans fossile. Ces deux faciès se superposent dans un ordre qui varie beaucoup suivant les points, en sorte qu'on peut les considérer avec certitude comme contemporains. L'ensemble de ces couches représente le Berriasien et dans les bancs calcaires on trouve :

Belemnites latus, Blainv.
» bipartitus, Bl.
» cf. semicanaliculatus, Dudl.
» pistilliformis Bl.
Aptychus Beyrichi, Oppel.
» cf. punctatus, Voltz.
» imbricatus, H. von Meyer.
» noricus, Winkler.
Phyllocrinus cf. helveticus, Ooster.
» sp. ind.
Nulliporites alpinus, Heer.
» hechigensis, Qu.
Chondrites intricatulus, Heer.
» cf. piliiformis, Fischer.
Fucoïdes, sp. ind.

Sur ce Berriasien reposent des schistes calcaires, gréseux et riches en limonite, ne renfermant pas de fossiles, qui terminent la série sédimentaire au Flaescherberg et qui paraissent représenter le Néocomien. L'auteur n'a constaté nulle part la présence de l'Urgonien et du Gault, signalés par M. Moesch dans la région.

[1] Lorenz. Monogr. des Flaescherberges.

Digitized by Google

Le Crétacique du faciès helvétique joue un rôle excessivement important dans la formation des chaînes de la **région de Giswyl**, récemment étudiée par M. Hugi [1], qui les décrit en détail.

A. Les **couches de Berrias** prennent un grand développement sur les deux versants de la vallée de Lungern à l'E et à l'O de cette localité. Vers l'O elles sont formées par un calcaire compact, foncé, bleuâtre ; vers l'E, elles se composent de schistes noirs dans lesquels M. Kaufmann a découvert *Bel. fusiformis*, Rasp., *Am. cf. callisto*, *Apt. Seranonis*, *Ter. diphyoïdes*, etc.

B. Le **Néocomien** présente un faciès constant; il se compose d'un calcaire foncé, compact, finement cristallin, riche en silice, fréquemment sillonné de veines de calcite. Il est très développé sur le flanc oriental de la vallée de Lungern et dans le vallon de Dundel. Il est difficile de préciser sa limite avec les couches de Berrias vu l'analogie de faciès des deux étages et l'absence de fossile dans le Néocomien. Un affleurement important des mêmes couches se trouve sur les pentes qui descendent de l'Arnifirst vers Mittlest Arni.

C. L'**Urgonien** affleure à Rudenz sur la ligne du Brunig ; il manque par contre partout dans les environs du Giswylerstock où il n'est connu que sous forme de blocs empâtés dans le Néocomien près de son contact avec le calcaire de Seewen au-dessus du hameau de Dundel.

D. L'**Aptien** est inconnu dans toute la région.

E. Le **Gault** affleure près de Rudenz où il se présente sous forme de calcaire vert foncé, très dur, grossièrement cristallin, très riche en quartz. Par contre il n'est pas connu avec certitude dans la région spécialement étudiée par M. Hugi, qui lui attribue seulement avec certaines réserves des grès verts qui forment de nombreux blocs au SE de Mittlest Arni. Les grès verts de l'arête qui relie le Mändli à Biet, décrits comme Gault par M. Kaufmann, sont très probablement du Flysch. Il faut, par contre, considérer comme vraisemblablement albiens des blocs de grès verts empâtés dans le Néocomien supérieur de Dundel avec d'autres blocs d'Urgonien.

F. Le **calcaire de Seeven** est un calcaire compact, à grain très fin, gris ou jaunâtre. Il affleure sur le Gault, près de

[1] Hugi. Die Klippenregion von Giswyl.

Digitized by Google

Rudenz ; à l'arête de Biet on le voit reposer directement sur le Néocomien ; il forme en outre des affleurements peu étendus au Mändli et dans le vallon d'Arni ; près de Mittlest Arni il présente localement une coloration rouge et renferme des débris d'Inoceramus. Enfin nous retrouvons le calcaire de Seewen au-dessus de Dundel entre le Néocomien et les couches de Wang. Ce niveau est le plus souvent très riche en Foraminifères (*Nonionina globulosa*, Kaufm., *Lagena sphaerica*, Kaufm., *Textularia globulosa*, Ehrenberg).

Le calcaire rouge qui s'intercale vers Mittlest Arni dans le calcaire de Seewen normal, n'est qu'une modification locale de celui-ci et ne peut être assimilé aux « couches rouges », comme le fait M. Schardt. Il s'en distingue du reste par sa structure beaucoup plus compacte et homogène et par sa faune de foraminifères très différente.

G. Près de Brosmatt, vers l'extrêmité orientale du Giswylerstock, l'on voit affleurer au milieu du Flysch des schistes marneux que l'auteur place sous le nom de « Seewermergel » dans le Turonien et qu'il considère comme une modification de la partie supérieure du calcaire de Seewen.

H. Les **couches de Wang** représentent le Sénonien ; elles prennent une très grande extension dans toute la région de Giswyl et sont formées par des calcaires foncés, riches en quartz et en glauconie et des schistes gris très peu résistants. Ces couches ont un caractère franchement transgressif.

A côté de cette série crétacique du faciès helvétique qui joue un rôle fondamental dans la formation des chaînes de la région de Giswyl, l'on trouve un tout autre type du même système dans l'intérieur des Klippes et en particulier au Rothspitz. Sur le versant NO de cette sommité affleurent, en effet, au-dessous des couches tithoniques renversées des formations incontestablement crétaciques. La partie supérieure du profil est formée par 10 m. d'un calcaire gris très compact à taches foncées, absolument semblable au Néocomien de la chaîne du Stockhorn et renfermant *Aptychus angulicostatus* et *Apt. Didayi*. Sous ce Néocomien, du faciès des Préalpes, affleurent des « couches rouges » typiques qui représentent ici le crétacique supérieur. Cette formation si caractéristique, composée de calcaires marneux, plus ou moins gréseux, rouges ou localement gris, est très riche en Foraminifères (*Nonionina globulosa*, Kaufm., *Lagena sphaerica*, Kaufm., *Oligostegina laevigata*, Kaufm., *Pulvinula tricarinata*, Quereau).

Digitized by Google

D'autres affleurements de couches rouges se trouvent à l'E de l'arête du Rotphpitz où elles reposent normalement sur le tithonique et près des chalets des Ribihütten.

M. DE GIRARD [1] donne un tableau d'ensemble des formations crétaciques dans les Préalpes fribourgeoises. Nous le reproduisons ici en le simplifiant légèrement:

Crétacique supérieur. (Sénonien-Gault.) (50-100 m.)	**Couches rouges.** — Calc. schisteux rouges, blancs ou gris-verdâtres, renfermant des Foraminifères et des Inoceramus. — L'on distingue 3 niveaux dans le synclinal gruérien : couches rouges supérieures, couches grises, couches rouges inférieures.
Crétacique inférieur. (Néocomien alpin.) (50-200 m.)	**Urgonien inf. et Hauterivien.** — Calc. à Céphalopodes, plaquetés, à alternances schisteuses, dans lesquels on peut distinguer: *a*) le Berriasien ; *b*) le calcaire à Ostrea; *c*) les couches à *Bel. latus* ; *d*) le Néocomien bleu ; *e*) le calc. oolithique ; *f*) le calc. noir. **Néocomien à silex** avec Radiolaires. **Valangien.** — Marnes foncées à Crinoïdes et Ptéropodes du Dat.

Jura. — Nous trouvons dans la notice explicative de MM. RENEVIER et SCHARDT [2] sur la deuxième édition de la Feuille XI des renseignements sommaires sur les formations crétaciques de la partie correspondante du Jura. L'on distingue de haut en bas les subdivisions suivantes :

1. Cénomanien, formant quelques lambeaux de calcaire crayeux contenant, près de Pontarlier, la faune de Rouen.
2. Gault: *a*) grès, jaunâtres ou verts à *Schoenbachia rostrata* et *Ostrea vesiculosa*, *b*) Argiles albiennes à fossiles pyriteux, *c*) Sables verdâtres.
3. Aptien : *a*) Grès durs de l'Aptien s.s. *b*) Marno-calcaire du Rhodanien à *Pteroceras Pelagi*, *Plicatula placunea*, *Heteraster oblongus*, *Orbitolina lenticularis*.
4. Urgonien : *a*) Calcaire récifal à *Requienia ammonia*. *b*) calcaire littoral à *Goniopygus peltastus*.
5. Hauterivien : *a*) Pierre jaune de Neuchâtel. *b*) Marnes d'Hauterive.

[1] DE GIRARD. Tableaux des terrains de la région fribourgeoise.
[2] RENEVIER ET SCHARDT. Notice explicative etc....

Digitized by Google

6. Valangien : *a*) Calcaire roux à *Pygurus rostratus* et *Pteroceras Desori*. *b*) « Marbre bâtard » calcaire compact, blanc ou gris bleuâtre à *Natica Leviathan* et *Toxaster granosus*.

Cénozoïque.

Nummulitique et Flysch.

M. de Fellenberg, Kissling et Schardt [1] donnent la description d'un grès nummulitique, très dur, coloré diversement en gris, jaune, vert ou rouge qui forme près de Kandersteg des parois importantes et qui paraît remplacer ici le Flysch et peut-être une partie du calcaire nummulitique. Celui-ci affleure près de Siebenbrunnen au-dessus de la Lenck. L'Eocène est représenté aussi localement, dans cette même région, par un calcaire à *Lithothamnium*, compact, gris clair et rempli de débris de fossiles, qui forme des parois de 20 à 30 m. à Stein, près de la Lenk, à Winteregg sur la Gemmi, etc....

M. Lugeon [2] a relevé dans les couches nummulitiques du massif du Wildstrubel les niveaux suivants : 1° A la base les couches à *Nummulina perforata* et *N. complanata*; 2° Les couches à *Cerithium Diaboli* avec bancs calcaires à *Nummulina striata* surtout abondants dans la partie supérieure de ce niveau; 3° Des schistes sans fossile; 4° Le Flysch qui est du reste très peu développé dans cette région.

M. R. de Girard [3] donne dans son tableau des terrains du canton de Fribourg la liste des divers faciès que prend dans cette région le Flysch. Il y fait rentrer, avec doute, les diabases des Fénils, les Corgneules et les Gypses intercalés dans le Flysch, la brèche de la Hornfluh.

M. Hugi [4] a établi la succession du Tertiaire inférieur dans les environs des Klippes de Giswyl. Le Tertiaire débute ici par l'Eocène moyen, qui se décompose en un calcaire nummulitique à la base et les grès du Hohgant à la partie supérieure. Le premier est un calcaire foncé rempli de Nummulites, il affleure dans le vallon d'Arni et au-dessous de Unter-Fluhalp. Le grès du Hohgant est un grès siliceux, jaunâtre qui forme des affleurements étendus dans le ravin de Kräuteren.

[1] de Fellenberg, Kissling et Schardt. Lötschberg-Wildstrubel-Tunnel. Geol. Exp.
[2] M. Lugeon. Geol. de la région entre le Sanetsch et la Kander.
[3] R. de Girard. Tableau des terrains de la région fribourgeoise.
[4] Hugi. Klippenregion von Giswyl.

Digitized by Google

L'Eocène supérieur est représenté par la base du Flysch, s. l. Il ne faut pas y faire rentrer les couches de Leimern qui sont très probablement d'âge jurassique. Le Flysch commence par des schistes gris ou noirs très disloqués (Wildflysch de Kaufmann). Le calcaire à Lithothamnium est plus répandu ; c'est un calcaire compact, généralement clair, formé essentiellement d'algues calcaires, qui affleure au-dessous de Unter-Fluhalp, dans le ravin de Kräuteren, près des chalets de Fontanen, etc....

La partie supérieure de l'Eocène paraît être représentée en grande partie par les schistes, grès et brèche du Flysch qui doivent comprendre aussi l'Oligocène inférieur. Ce complexe prend une grande extension entre Arnischwand et Fontanen et forme une ceinture presque continue autour de la Klippe triasique du Giswylerstock.

Mollasse.

M. de Girard [1] réunit sous le nom de Miocène l'ensemble des formations mollassiques du canton de Fribourg dont il donne le tableau suivant:

Helvétien .
- faciès littoral
  - Grès coquillier à Tapes et à dents de Squales (grès de la Molière).
  - Grès à galets polygéniques à Tapes vetula entre Ecuvillens et Boeningen.
  - Poudingues calc. ou polygéniques du Gibloux et du Guggisberg.
- faciès d'eau profonde. Mollasse marine.

Langhien. — Mollasse d'eau douce inférieure à *Helix Ramondi.*

Aquitanien
- Marnes à gypse.
- Mollasse d'eau douce à charbon (zones du Flon et de la Mionnaz).
- Grès de Ralligen (grès de Vaulruz). Mollasse rouge.
- Poudingue subalpin à cailloux impressionnés, d'origine lointaine.

MM. Renevier et Schardt [2] ont distingué dans la région du plateau mollassique comprise sur la Feuille XI de la carte géologique les niveaux suivants:

[1] R. de Girard. Tableau des terrains de la région fribourgeoise.
[2] Renevier et Schardt. Notice explicative etc....

Digitized by Google

f) Grès coquillier ou grès de la Molière avec Tapes, Venus, des dents de Squales, etc.... intercalé sous forme de bancs durs dans la Mollasse marine.

e) Mollasse marine.

d) Mollasse grise ou mollasse d'eau douce inférieure correspondant au Langhien et à une partie de l'Aquitanien.

c) Mollasse d'eau douce inférieure avec bancs calcaires à *Helix Ramondi*, parfois imprégnée de naphthe comme aux environs d'Orbe, contenant ailleurs des veines de gypse.

b) Mollasse rouge à *Helix rugulosa*, *H. comatula*, etc..., développée surtout au pied du Jura suivant la ligne Arnex, Montcherand, la Sarraz.

a) Eocène lacustre à *Planorbis rotundus*, à Limnées et contenant des graines de *Chara helicteres*. Ce niveau qui correspond à l'Oligocène inférieur ou à l'Eocène supérieur, affleure sur les deux versants de la colline urgonienne d'Orbe.

Dans l'intérieur des chaînes du Jura le Tertiaire n'existe que sous forme de lambeaux au fond des vallées synclinales. L'Eocène prend la forme de calcaire lacustre à *Lymnea acuminata* et *L. longiscata*; le Langhien est représenté par la mollasse d'eau douce inférieure, marneuse avec intercalation de bancs calcaires à Limnées et Helix ; le Burdigalien et l'Helvétien sont formés par les grès grossiers et verdâtres de la Mollasse marine.

Dans les environs de Liestal, étudiés récemment par M. von Huene [1], c'est la Nagelfluh jurassienne du Miocène supérieur qui constitue l'élément le plus important des formations tertiaires.

Ces conglomérats sont formés en grande partie par des cailloux de Hauptrogenstein et de Muschelkalk imparfaitement arrondis, auxquels se joignent en quantité beaucoup moindre des galets très bien roulés et décolorés intérieurement de grès bigarré.Ces derniers semblent avoir une origine lointaine et doivent très probablement provenir de la Forêt Noire.

Sous la Nagelfluh repose une brèche à coquillages, sans fossile déterminable, qui s'appuie en discordance sur les surfaces corrodées des formations jurassiques.

Il existe en outre dans cette région des dépôts pisolithiques, dont les uns sont probablement prémiocènes, tandis que les autres, étroitement liés aux grandes failles longitudi-

[1] von Huene. Geol. Beschr. der Gegend von Liestal.

Digitized by Google

nales d'âge miocène qui sillonnent la région, doivent être pliocènes ou pleïstocènes. Enfin, l'auteur signale la présence près de Liestal d'un grès siliceux, formé de grains arrondis de quartz fixés par un ciment argileux et renfermant d'abondantes concrétions de jaspe. Cette formation, qui ne présente pas de stratification nette, repose tantôt sur les surfaces corrodées du Malm, tantôt dans l'ouverture d'une faille. Or, comme toutes les failles sont d'âge miocène, ces grès qui les remplissent ne peuvent être que miocènes ou post-miocènes.

Mammifères fossiles.

Nous ne pouvons que citer ici très brièvement la très importante monographie de M. Stehlin[1] sur l'**évolution de la machoire chez les Suidés.**

Dans ce travail, qui ne s'applique pas, cela va sans dire, seulement à la Suisse, l'auteur étudie successivement les variations des diverses parties de la machoire, chez les nombreuses espèces de Suidés tertiaires et quaternaires; puis il complète son étude par un nombre considérable de renseignements osteologiques sur les développements variés du crâne et des membres. Il termine en cherchant à fixer les relations phyllogéniques qui existent entre les divers groupes de cette famille et en collationnant les renseignements que l'on possède actuellement sur la répartition géographique des Suidés aux différentes époques tertiaires et quaternaires.

Pliocène et Plistocène.

Graviers pliocènes. — M. Renevier[2] a signalé la découverte d'une belle molaire de mammouth dans les graviers pliocènes entre Bonenens et Daillens (canton de Vaud).

Généralités. — Dans son tableau des terrains du canton de Fribourg, M. de Girard[3] réunit sous le nom de Quaternaires : *a*) les alluvions et terrasses fluvio-glaciaires à *Elephas primigenius*. *b*) Le terrain erratique et les moraines. *c*) un limon rappelant le Lœss, mais sans sa faune de Gasteropodes caractéristiques. *d*) Les blocs erratiques. Il distingue d'autre part comme formations modernes : *a*) Terrasses alluviales

[1] Dr H.-C. Stehlin. Ueber die Geschichte des Suiden-Gebisses.—*Mém. de la Soc. pal. suisse,* 1899-1900. T. XXVI et XXVII, 525 p., 10 pl. et 2 fig. avec texte.

[2] E. Renevier. Molaire de Mammouth. — *C. R. des séances de la Soc. vaud. des sc. nat. Archives Genève,* T. X, p. 493.

[3] de Girard. Tableau des terrains de la région fribourgeoise.

Digitized by Google

postglaciaires. *b*) Les argiles à briques. *c*) Les tourbières. *d*) Les cordons littoraux et dunes lacustres de la Basse Broye et du Grand Marais. *e*) Les cônes de déjection moderne. *f*) Les tufs à mollusques et végétaux terrestres. *g*) Les éboulis. *h*) Les alluvions et dépôts lacustres récents.

MM. DE FELLENBERG, KISSLING et SCHARDT[1] ont décrit en quelques lignes les dépôts morainiques, les éboulements et les alluvions torrentielles des environs de Kandersteg.

Les formations plistocènes du plateau suisse ont été classées sur la Feuille XI, nouvelle édition, et dans la notice explicative de MM. RENEVIER et SCHARDT[2] comme suit : *a*) Dépôts glaciaires ou erratiques, stratifiés ou non, *b*) Tourbe, *c*) Dépôts récents, alluvions des rivières et des lacs.

Pour l'intérieur des chaînes jurassiennes, la carte distingue dans les dépôts glaciaires le quaternaire stratifié, qui comprend les alluvions anciennes, le glaciaire remanié et le glaciaire proprement dit ou erratique non remanié, sans séparer du reste les moraines d'origine alpine de celles d'origine jurassienne.

Glaciaire. — Les formations glaciaires prennent, comme l'a démontré M. HUGI[3], un développement important dans la région de Giswyl, où l'on peut distinguer, d'une part, des moraines du glacier de l'Aar, d'autre part, des moraines provenant de glaciers locaux.

Dans les environs de Lungern, ainsi que le long du Mühlebach, au-dessus de Kleinthal, on peut voir sur de grandes étendues des argiles et des sables renfermant des blocs divers de dolomie, de calcaire et de granit, et qui ont été déposés par le glacier de l'Aar. A l'O du Giswylerstock, à Fontannen, au Mändli, à Jänzimatt, on trouve au contraire des dépôts glaciaires localisés, revêtant par endroit, très nettement, l'aspect de moraines frontales et ne renfermant nulle part d'éléments cristallins, qui sont dus sans doute à des phénomènes locaux.

M. LUGEON[4] a découvert récemment **5 thalwegs anciens de l'Aar**, que cette rivière s'est creusés successivement à travers

[1] DE FELLENBERG, KISSLING et SCHARDT. Lötschberg-Wildstrubel-Tunnel. Geol. Exp.

[2] RENEVIER et SCHARDT. Notice explicative. Feuille XI.

[3] HUGI. Klippes de Giswyl.

[4] M. LUGEON. 5 thalwegs anciens de l'Aar. *C. R. de la réunion de la Soc. géol. suisse à Thusis. Eclogae,* T. VI, 1900.

Digitized by Google

le barrage calcaire de Kirchet près de Meiringen. Ces thalwegs sont plus ou moins comblés par des dépôts glaciaires.

M. GUTZWILLER[1] vient de reprendre en détail l'étude du **Tannenberg** qui forme au NO de Saint-Gall une chaîne de hauteur, dont les trois sommets arrondis, le Tannerwald (901 m.), le Tannenberg proprement dit (853 m.) et la Steinegg (911 m.), s'allignent à peu près du N au S.

Ces hauteurs sont constituées par des marnes, des grès et des poudigues de la mollasse d'eau douce supérieure, plongeant faiblement vers le NO, sur lesquels s'appuyent le Deckenschotter et les alluvions plus récentes des deux dernières glaciations.

Le Deckenschotter affleure près d'Ettisberg au S de la Steinegg à 855 m. d'altitude et plus au NO, entre l'auberge de Hohentannen et les maisons de Grimm. Il existe, d'autre part, au-dessus du hameau de Thal au niveau de 850-860 m. une terrasse bien nette qui doit être formée également de Deckenschotter et il paraît probable que le Tannenberg a été primitivement recouvert par une nappe continue de ces alluvions anciennes. Celles-ci contrastent très nettement avec les formations plus récentes par leur richesse en éléments provenant de la mollasse et par l'absence presque absolue des roches si caractéristiques des Grisons.

Sur le Deckenschotter reposent dans les environs d'Ettisberg des formations morainiques, correspondant à l'avant-dernière glaciation; ces dépôts, qui se trouvent à un niveau de 880 à 890 m., renferment, outre les blocs de Nagelfluh et de mollasse, des calcaires alpins et des blocs de Deckenschotter typique, mais pas de roches cristallines. Ils sont fortement décomposés à la surface sur une profondeur de 1 m. et demi.

La dernière glaciation a laissé une moraine de fond, qui recouvre la région du Tannenberg partout où le niveau ne s'élève pas au-dessus de 860 m. et qui se distingue des formations précédentes par sa richesse en débris de roches des Grisons: granit du Julier, schistes à sericite, Verrucano, etc...

L'on retrouve dans les environs de Bischoffszell les trois mêmes niveaux plistocènes qu'au Tannenberg, mais sous des aspects un peu différents. Les moraines de la dernière glaciation, qui recouvrent une région remarquablement plate, forment des collines considérées comme drumlins. Les dépôts

[1] A. GUTZWILLER. Aeltere diluviale Schotter in der Nähe von St. Gallen und von Bischoffszell. — *Eclog. geol. helv.*, 1900, t. VI, p. 371.

Digitized by Google

de l'avant-dernière glaciation, qui recouvrent le Bischoffsberg, prennent la forme d'alluvions fluviatiles (Hochterrassenschotter); quant au Deckenschotter, qui forme au N de Bischoffszell le Hohenstein, il se trouve à un niveau remarquablement bas (600 m.) et présente la structure en delta typique avec des couches alternantes de sables et de graviers plongeant de 5° à 10° vers le N. L'auteur admet que la formation de ce delta a dû être intermédiaire entre la première et la deuxième glaciation.

M. A. Baltzer [1], après une excursion dans la région d'Aubonne et de Bière (canton de Vaud) est arrivé à une interprétation des formations quaternaires qui s'y trouvent très différente de celle exposée par M. Schardt dans la nouvelle édition de la Feuille XVI et la notice explicative qui y est jointe.

Dans les environs d'Aubonne, la moraine de fond inférieure du glacier du Rhône est essentiellement argileuse et renferme en grande abondance des éléments alpins. Elle forme la base d'un affleurement qui se trouve dans le creux d'Arney sous Saint-Livre et supporte en ce point des formations fluvio-glaciaires composées de sables, de graviers et d'argile et renfermant des cailloux de diverses roches cristallines, qui ne sont que très rarement striés. Ces alluvions forment les grandes terrasses de Lavigny et de Bière; les éléments jurassiens qui, près d'Aubonne, entrent pour moins d'un tiers dans leur composition, deviennent de plus en plus nombreux vers le NO et finissent par former entre Saubraz et Bière les $^3/_4$ du tout.

Ces formations fluvioglaciaires sont recouvertes localement par de la moraine de fond supérieure.

M. Baltzer ne peut se rallier à la théorie de la récurrence des glaciers jurassiens pendant le retrait du glacier du Rhône édifiée par M. Schardt et considère, en particulier, comme très exagérée l'importance donnée par celui-ci au glacier de l'Aubonne. Il n'a trouvé dans la région de Lavigny-Aubonne et Montherod aucune trace de moraine jurassienne et, même dans les environs de Gimel, au pied du Jura, les formations franchement morainiques contiennent presque partout une proportion plus forte d'éléments alpins que d'éléments jurassiens; ce sont donc des moraines latérales du glacier du Rhône et non des moraines jurassiennes.

[1] A. Baltzer. Beiträge zur Kenntniss des diluvialen Rhonegletschers. *Eclog. geol. helv.*, 1900, t. VI, p. 378.

Digitized by Google

Le seul cas, où M. Baltzer admette une progression manifeste d'un glacier jurassien jusque sur la plaine, est celui du glacier du Val de Travers.

Dans ce même travail l'auteur décrit un certain nombre de Drums, qu'il a pu observer dans les environs d'Arnex près d'Orbe ; ces curieuses formations prennent la forme de petites collines, allongées toutes suivant une direction SSO-NNE, parallèle à celle suivie par le glacier du Rhône. Elles sont constituées tantôt entièrement par de la moraine de fond, tantôt de mollasse recouverte de moraine, tantôt de mollasse nue.

Les Kames semblent être un phénomène assez rare le long du pied du Jura; M. Baltzer en a pourtant observé de beaux exemples à Lavigny, près d'Aubonne, ainsi qu'au S de Boudry. Au-dessus de Montcherand, près d'Orbe, se développe une curieuse terrasse dont la surface est absolument unie vers la montagne, tandis que son bord est comme festonné par une série de petits synclinaux et anticlinaux qui s'accentuent progressivement de l'intérieur de la terrasse vers l'extérieur. Cette structure paraît devoir être attribuée à un plissement des dépôts fluvioglaciaires préexistants par la poussée du glacier. C'est à un phénomène analogue que M. Baltzer attribue d'autre part la formation de la colline de Chante-Merle, près de Bière, que M. Schardt avait considérée comme une moraine terminale d'un glacier du Marchairuz.

M. Renevier[1] a eu l'occasion d'étudier à Lausanne une belle surface de mollasse, nivelée et striée par l'ancien glacier du Rhône. Sur cette surface repose une marne glaciaire avec blocs disséminés provenant pour la plupart des grès mollassiques de Lavaux, en proportion beaucoup plus faible des calcaires divers des Alpes vaudoises, et en très petit nombre seulement des roches cristallines du Valais.

Deux belles surfaces de **roches polies**, mises au jour récemment, l'une à Cully, l'autre à Chillon, ont été signalées par M. E. Delessert[2].

M. E. Brunhes[3] a fait un exposé critique de la théorie d'Arrhénius sur les **causes de la période glaciaire**, d'après

[1] E. Renevier. Tranchée glaciaire sous la place Bel-Air, à Lausanne. — *Eclog. geol. helv.*, 1900, t. VI, p. 369.

[2] E. Delessert. Surface glaciaire. — *C. R. des séances de la Soc. vaud. des sc. nat. Arch. Genève*, t. X, p. 494.

[3] J. Brunhes. Une théorie sur les causes de la période glaciaire. — *Bull. Soc. fribourgeoise des sc. nat.*, t. VIII, p. 30.

Digitized by Google

laquelle l'abaissement général de la température pendant cette période aurait été dû à la présence dans l'atmosphère d'une quantité particulièrement faible d'acide carbonique. Ce gaz aurait en effet, d'après des expériences connues, la propriété d'absorber une quantité relativement grande de la chaleur terrestre, tandis qu'il laisserait passer la presque totalité de la chaleur solaire ; il contribuerait donc à diminuer le rayonnement de la terre et à maintenir à cette dernière une température d'autant plus élevée qu'il serait contenu en plus forte proportion dans l'atmosphère.

Le grand inconvénient de cette théorie consiste en ce qu'elle ne donne aucune explication de l'excès des précipitations atmosphériques. M. Brunhes rappelle à ce propos le rôle important joué par les poussières de l'athmosphère dans la production des phénomènes de condensation de la vapeur d'eau. Il fait remarquer, d'autre part, que la fin des temps tertiaires a été marquée par des phénomènes volcaniques puissants, qui ont dû être accompagnés de dégagements considérables d'acide carbonique ; il paraît donc peu probable que la pauvreté en acide carbonique de l'atmosphère admise par Arrhenius ait réellement existé au début des temps pliocènes.

Eboulements préhistoriques. — Nous devons à M. Oberholzer[1] une description monographique fort intéressante des grands **éboulements quaternaires des environs de Glaris**, qui nous fournit, d'une part, de nombreux renseignements sur le mécanisme des éboulements et qui contribue, d'autre part, à simplifier considérablement la tectonique de la région en démontrant que certains affleurements considérés jusqu'ici comme roche en place et dont la position était pour ainsi dire inexplicable, font partie en réalité d'un gigantesque éboulement.

La première grande masse éboulée, étudiée par l'auteur, forme le vaste barrage du Hochwald-Schwammhöhe qui a donné naissance au lac du Klœnthal. Dans cet ammoncellement de blocs et de débris, dont la surface très accidentée et irrégulière dans ses formes, révèle déjà l'origine, l'on doit distinguer deux éboulements superposés, descendus l'un des flancs N du Glärnisch, l'autre du versant SE du Deyenstock, et facilement distincts par les éléments qu'ils renferment.

[1] J. Oberholzer. Monographie einiger praehistorischer Bergstürze in den Glarner Alpen. 1 carte, 4 planches, 19 figures avec texte. — *Beiträge z. geol. Karte der Schweiz.* 39. Lieferung.

Digitized by Google

L'éboulement du Glärnisch forme en premier lieu les hauteurs de Hochwald où sont entassés, pêle-mêle des débris des différentes roches du Trias, du Jurassique et du Néocomien, dont la plupart n'atteignent pas 1 m^3. Ces formations diverses présentent pourtant une certaine régularité dans leur distribution; ainsi c'est l'Urgonien qui prédomine vers l'extrémité N du Hochwald, tandis que le Hochgebirgskalk forme en grande partie la zone moyenne et que plus près du pied des parois du Glärnisch sont concentrés les divers faciès du Dogger, du Lias et du Trias, qui se répartissent en zones irrégulières.

Il faut considérer comme faisant partie du même éboulement la chaîne de collines, qui s'étend du Hochwald vers l'E jusque sur l'emplacement de Glaris. C'est le cas en particulier du Bergli, où affleure la série complète du Trias supérieur et du Jurassique, mais que l'on ne peut pourtant pas considérer comme formé par des roches en place, comme l'avait fait précédemment M. Baltzer, à cause de la forme trés accidentée de sa surface, de l'entassement chaotique des différentes formations sur certains points et du désordre incohérent qui règne dans le plongement des couches, même là où elles paraissent former une série normale.

Des restes plus lointains encore de cet éboulement se retrouvent d'abord sur la rive droite de la Linth à l'E de Glaris, puis contre le contrefort SE de Wiggis au-dessus de Riederen et enfin sur le fond de la vallée de la Linth jusqu'au N de Netstall.

Cette masse éboulée gigantesque a dû se détacher du flanc N du Glärnisch entre le Vorder et le Mittler Glärnisch, donnant naissance au vaste cirque de Gleiter. Une fois descendue dans la vallée de la Löntsch, elle s'est heurtée contre le versant opposé et a été rejetée vers l'E, dans la direction de Glaris. Ici, elle a rencontré un nouvel obstacle et s'est alors étalée soit vers le S, soit surtout vers le N, dans le sens de la pente de la vallée de la Linth. L'on peut évaluer la surface recouverte ainsi à 7.9 km^2. et la masse mise en mouvement à au moins 770 millions de m^3. La pente moyenne de la surface est de 5°30'.

Cette surface est recouverte en divers points de formations morainiques bien caractérisées qui permettent de fixer pour cet éboulement un âge interglaciaire.

Sur cette masse venue du S s'est effondrée une autre, presque aussi considérable, venue cette fois du N. Le point de départ de cette dernière paraît être la niche de Blanken à

Digitized by Google

l'E du Deyenstock. Tandis qu'au Glärnisch l'éboulement avait été provoqué par une rupture des couches perpendiculairement à leur surface (Felssturz), il est dû ici à un glissement des couches crétaciques sur le Flysch (Felsschlipf). La masse éboulée, composée en grande partie d'Urgonien, auquel se mêlent en quantité beaucoup moindre des débris de Gault, de Crétacique supérieur, de Flysch et de calcaire nummulitique, comprend d'abord le vaste cône de débris qui s'appuie contre le versant même de la montagne; puis elle forme de l'autre côté de la Löntsch les collines de Schwammhöhe et de Vorder Sackberg et s'étend de là vers l'E le long de la rivière jusque près de Riederen ; on en retrouve en outre des lambeaux isolés dans les environs immédiats de Netstall. La limite entre les deux éboulements superposés est très clairement marquée soit par le contraste de leurs éléments constituants, soit par une zone de dépression qui est particulièrement visible entre le Hochwald et la Schwammhöhe.

L'auteur évalue la surface recouverte par ce nouvel éboulement à 6.4 km². et le volume de la masse en mouvement à au moins 600 millions de m³. La pente moyenne de la surface est de 6°15'.

Ce barrage énorme a naturellement été profondément modifié dans la suite par les cours d'eau et spécialement par la Löntsch qui s'y est creusé en aval du lac de Klœnthal sur une longueur de 2 à 3 kilomètres un chenal profond et a formé plus bas en se déplaçant constamment sur la surface de l'éboulement et en la remaniant un immense cône de débris à éléments imparfaitement arrondis qui s'étend depuis Glaris jusqu'à Netstall.

Tandis que le premier éboulement peut être considéré comme interglaciaire, le second doit être postglaciaire car il n'est nulle part recouvert par des formations morainiques.

Au NE du Vorder Glärnisch se trouve une niche très marquée, qui sert actuellement de bassin de réception au torrent de la Wustrunse; de cette niche se sont détachés deux éboulements relativement peu volumineux. Le premier, préhistorique, s'est arrêté sur une terrasse formée par des couches crétaciques, et a donné naissance à la colline du Stöckli. Le second a eu lieu en 1594 et a donné lieu, entre Sack et Wyden, à un cône, dont Tschudi avait beaucoup exagéré l'importance.

Un éboulement considérable s'est produit sur le flanc E du Glärnisch, qui a donné naissance, à l'E du Mittler Glärnisch, à

Digitized by Google

une belle niche très visible depuis Schwändi et a recouvert toute la vallée de la Linth, depuis Schwanden jusqu'à Glaris. La chute s'est produite ici par la rupture des couches qui plongent vers la montagne (Felssturz).

Les éléments prédominants de la masse éboulée sont le Hochgebirgskalk et le calcaire de Tros. Les autres éléments tels que le Dogger, le Lias, le Trias, le Verrucano, le Flysch, le Nummulitique et le Néocomien, n'ont qu'une extension localisée. Du reste, les divers niveaux géologiques représentés ici sont en somme peu mêlés, ils se répartissent suivant des zones irrégulières et forment même parfois des couches continues sans fissuration intense.

La masse éboulée se compose de trois parties bien distinctes : 1° Un vaste cône resté adossé aux flancs du Glärnisch dont la base s'étend de Schwanden jusque un peu au N de Mitlödi. 2° Une chaîne de collines occupant la rive droite de la Linth et formée par l'amoncellement de la masse en mouvement contre le versant opposé de la vallée. 3° Une accumulation considérable de débris sur la rive gauche de la rivière au S de Glaris et au N de Mitlödi, qui s'est écoulée jusque là après le choc de l'éboulement contre le versant E de la vallée et la réflexion de cette masse vers le NO. Il est clair que, après s'être heurtée contre un obstacle insurmontable, la masse en mouvement a dû s'étaler en éventail et que, influencée par la pente de la vallée, elle s'est dirigée en grande partie vers le N.

Le volume de cet éboulement a été déjà évalué par M. Heim a 800 millions de m^3. et la surface recouverte est d'environ 10 km^2. Ce barrage a provoqué forcément un alluvionnement intense en amont, auquel ont pris part soit la Linth, soit la Sernft. M. Oberholzer admet du reste que l'éboulement a dû être suffisamment perméable pour laisser passer l'eau et agir simplement comme un filtre sans provoquer la formation d'un lac profond en amont. Ainsi le travail d'érosion à travers sa masse n'aurait commencé qu'après que le niveau des alluvions aurait atteint celui des parties les plus basses de l'éboulement. Il est intéressant de constater à ce propos que, des torrents qui descendent du Glärnisch sur l'éboulement, deux seulement, la Guppenrunse et la Hanslirunse, atteignent la Linth, tandis que tous les autres se perdent dans la masse poreuse.

L'éboulement a été recouvert par une quantité considérable d'alluvions et surtout de dépôts torrentiels; par contre il semble avoir subi une érosion relativement peu importante.

Digitized by Google

On le voit reposer en divers points sur une moraine de fond typique; d'autre part, il est recouvert par des moraines plus récentes qui reposent aussi bien sur les alluvions en amont que sur l'éboulement lui-même. Il est même facile de reconnaître que les moraines supérieures se sont déposées non seulement après la fin de l'alluvionnement, mais encore après que la Linth avait recreusé son lit jusqu'à un niveau peu supérieur à son niveau actuel. L'éboulement du flanc oriental du Glärnisch appartient donc à la même phase interglaciaire que celui du Glärnisch septentrional, sans que l'on puisse du reste fixer leur âge relatif.

L'auteur se livre ici à une critique serrée de l'intrerprétation donnée par M. Rothpletz de cette partie de la vallée de la Linth, et démontre que ce dernier a considéré tantôt comme roches en place, tantôt comme formations moraniques des parties incontestables du grand éboulement interglaciaire.

Un dernier éboulement, étudié par M. Oberholzer, est celui qui comble le fond de la vallée de l'Obersee à l'O de Naefels. La cause première du phénomène est ici la rupture des couches urgoniennes, près du sommet de la Rautispitz; le paquet d'urgonien recouvert localement de Gault et de calcaire de Seewen, une fois détaché, a glissé sur les couches sous-jacentes inclinées de 35° vers le N et le tout s'est abattu dans la vallée d'Obersee. Après s'être heurtée contre le flanc N de celle-ci, la masse en mouvement, suivant la pente, a pris la direction de l'E et est arrivée ainsi jusque dans la vallée de la Linth où elle s'est étalée en éventail sur l'emplacement de Naefels. En aval de l'Obersee la surface de l'éboulement se divise suivant les règles en un cône de débris peu considérable adossé au pied de la Rautispitz en une accumulation beaucoup plus volumineuse de blocs de toute taille, formant contre le flanc N de la vallée comme une vague à surface très accidentée.

Le lac d'Obersee est la conséquence toute naturelle de l'éboulement; quant au lac de Haslen, qui se trouve à 230 m. au-dessous, il paraît être dû à la chute dans la vallée d'une masse beaucoup moins importante que la première, descendue d'une niche bien caractérisée qui se trouve vers le N, au-dessous des chalets de Platten. Ce second éboulement a formé dans la vallée de l'Obersee le barrage de Brand puis il s'est écoulé, par dessus le premier, vers l'E, et a formé

Digitized by Google

un grand cône de débris fortement incliné contre les pentes qui dominent Naefels.

Ces deux lacs de barrage sont caractérisés par leur absence d'écoulement superficiel; dans le lac supérieur on peut observer une série d'entonnoirs qui s'alignent le long du bord S et qui s'ouvrent en partie dans la masse éboulée, en partie dans l'Urgonien sous-jacent.

Ces deux éboulements superposés sont postglaciaires, car malgré l'abondance des formations morainiques dans leurs environs immédiats on ne trouve nulle part de moraines sur leur surface.

Préhistorique. — Nous avons déjà parlé dans la revue de l'année 1899 des nouvelles fouilles entreprises par M. Nuesch dans la **grotte préhistorique du Kesslerloch**, près Thayngen; nous ne ferons donc que mentionner une nouvelle notice sur le même sujet parue en 1900[1]. M. Nuesch a, d'autre part, reproduit sous une forme un peu différente les observations, que nous citions l'année dernière, sur les Pygmées de l'époque néolithique[2].

Dans une courte notice, le même auteur[3] fait une description comparative des tombes néolithiques découvertes au Schweizersbild et au Dachsenbühl (canton de Schafhouse) et montre que dans ces deux localités les sépultures présentent des analogies frappantes, qui permettent de les considérer comme contemporaines. M. Nuesch insiste ensuite sur l'importance de la découverte faite au Kesslerloch de nombreux restes de Mammouth et en particulier de deux molaires d'individus adultes, qui se trouvaient soit mêlés à des objets travaillés de l'époque paléolithique, soit dans des foyers, dans lesquels les os étaient calcinés. Ce fait prouve avec certitude que les Troglodytes non seulement existaient en même temps que le Mammouth dans la région de Schafhouse, mais encore le chassaient et se nourrisaient de sa chair.

[1] Dr J. Nuesch. Neue Grabungen und Funde im Kesslerloch bei Thayngen (Schaffhausen). Anzeiger für Schweizerische Alterthumskunde, No 1, 1900.

[2] Dr J. Nuesch. Neuer Fund von Pygmäen aus der neolithischen Zeit. Ibidem.

[3] Dr J. Nuesch. Die Prähistorischen Funde am Schweizersbild und im Kesslerloch. Verh. der Berliner anthrop, Gesell., 17 février 1900.

Digitized by Google

TABLES SPÉCIALES

DE LA

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

I. TABLE DES AUTEURS

Allenspach. Microplissements dans les dolomies et les schistes, 34.

Baltzer. Dépôts plistocènes du glacier du Rhône, 91.

Blumer. Flanc SE du Glärnisch, 14. Crétacique, 80.

Bodmer-Beder. Quartz du val Somvix, 21.

Bosshard. Sources de Chasella, 44.

Brunhes. Causes de la période glaciaire, 92.

Bührer. Tremblements de terre, 52.

Chuard. Sol des pâturages du Jura, 37.

Davis. Erosion dans la vallée du Tessin, 42.

Delessert. Roches polies, 92.

Duparc. Schistes cristallins, 33.

Erb. Fuchsite des Grisons, 23. Tufs volcaniques du Höhgau, 28.

Fellenberg (E. de). Météorite de Rafrütti, 24.

Fellenberg (E. de), Kissling, et Schardt. Tectonique du Lötschberg et du Wildstrubel, 11. Géothermie, 50. Schistes cristallins, 53. Trias, 53. Jurassique, 56. Crétacique, 80. Flysch, 85. Plistocène, 89.

Franchi. Zône des pietre verdi, 16.

Früh. Tremblements de terre en 1898, 50.

Forel. Variations des glaciers, 47. Eboulement du glacier du Rhône, 49. Structure rubannée du glacier, 49.

Forel, Muret et Lugeon. Variations des glaciers, 46.

Forel et Sarasin. Seiches, 45.

Fornaro voir Pearce.

Girard (R. de). Jurassique dans le canton de Fribourg, 58. Crétacique, 84, Flysch, 85. Mollasse, 86, Plistocène, 88.

Girardot. Marnes à Creniceras Renggeri du Jura lédonien, 74.

Gremaud. Eaux de la Sarine, 45.

Greppin. Jurassique supérieur du Jura, 71. Fossiles du bajocien supérieur, 70.

Digitized by Google

Gutzwiller. Plistocène des environs de Saint-Gall, 90.

Hagenbach. Glace des glaciers, 49.

Heim. Calcite et aragonite de Rothenbrunnen, 22. Minerai de fer du Gonzen, 24. Minerais des Grisons, 27. Schistosité secondaire dans le gneiss, 33. Schistes ardoisiers, 35. Dépôt de vase dans le lac des Quatre Cantons, 38. Versant E du Glärnisch, 61. Malm du Gonzen, 61.

v. Huene. Tectonique des environs de Liestal, 17, Jurassique, 69 et 72. Tertiaire, 87.

Hugi. Tectonique des Klippes de Giswyl, 6. Concrétions de baryte, 23. Trias des Klippes de Giswyl, 54. Jurassique, 60. Crétacique, 82. Nummulitique et Flysch, 85. Plistocène, 89.

Kissling voir Fellenberg.

Lorenz. Tectonique du Fläscherberg, 14. Jurassique, 57. Crétacique, 81. Voir Tarnuzzer.

Loriol (P. de). Faune de l'Oxfordien inférieur du Jura ledonien, 73.

Lugeon. Région des Bauges, 11. Tectonique du Wildstrubel-Wildhorn, 13. Grain du glacier, 49. Trias du Wildstrubel-Wildhorn, 53. Jurassique, 57. Crétacique, 80. Nummulitique et Flysch, 85. Thalwegs anciens de l'Aar, 89. Voir Forel.

Mühlberg, M. Dogger du Jura septentrional, 63.

Muret, voir Forel.

Nuesch. Fouilles du Kesslerloch, 98. Pygmées néolithiques, 98. Découvertes préhistoriques au Schweizersbild et au Kesslerloch, 98.

Nussberger. Sources de Vals, 43. Sources du Val Sinestra, 44. Voir Tarnuzzer.

Oberholzer. Eboulements préhistoriques de Glaris. 93.

Pearce et Fornaro. Brookite du Bristenstock, 21.

Renevier. Molaire de Mammouth, 88. Surface polie et striée à Lausanne, 92.

Renevier et Schardt. Notice explicative de la Feuille XI de la carte géologique, 17. Jurassique, 62. Crétacique, 84. Tertiaire, 86. Quaternaire, 89.

Richter. Erosion glaciaire, 40.

Rothpletz. Origine des Alpes, 5. Déformations tectoniques d'ammonites, 36.

Salomon. Erosion glaciaire, 41.

Sarasin, E. Seiches du lac des Quatre-Cantons, 46. Voir Forel.

Sauer. Gneiss d'Inertkirchen, 31.

Schalch. Tectonique de la région SE. de la Forêt-Noire et du Jura septentrional, 19. Trias, 56. Jurassique, 78.

Schardt. Hypothèse du charriage des Préalpes, 9. Voir Fellenberg, voir Renevier.

Schmidt. Minéraux dans le Trias du Baltschiederthal, 22. Mines d'or d'Antrona, 27.

Stehlin. Evolution des Suidés, 88.

Strübin. Bajocien du Jura bâlois, 67.

Tarnuzzer, Nussberger et Lorenz. Gisements métallifères des Grisons, 25. Trias du Val Fisch, 54.

Tornquist. Tectonique des Alpes, 5.

Weber. Géologie du Höhgau, 20.

Digitized by Google

II. TABLE DES MATIÈRES

Pages.

I. **Tectonique.** Descriptions géologiques et orographiques 5
ALPES. *Origine des Alpes.* 5
Tectonique des Alpes. 5
Préalpes et klippes. Giswylerstock. Rothspitz. Hypothèse du charriage 6
Alpes françaises. Bauges. 11
Alpes bernoises. Lötschberg. Wildstrubel. 11
Alpes glaronnaises. Glärnisch 14
Alpes du Piémont 16
JURA. Carte géologique de la Suisse. (Feuille XI.). 17
Jura septentrional 17
Randen et Jura souabe 19

II. **Minéralogie et Pétrographie** 21
MINÉRALOGIE. *Minéraux.* 21
Météorites. 24
Gites métallifères. Minerai du Gonzen. Gisements métallifères des Grisons 24
Mines d'or d'Antrona 27
PÉTROGRAPHIE. Tufs volcaniques 28
Roches métamorphiques. 31
Schistes cristallins des Alpes. Schistosité et déformation des roches. 33
Sol arable 37

III. **Géologie dynamique.** ACTIONS ET AGENTS EXTERNES 38
Sédimentation 38
Erosion et corrosion 40
Sources 43
Cours d'eau. Lacs 45
Glaciers 46
ACTIONS ET AGENTS INTERNES. *Géothermie. Tremblements de terre.* 50

IV. **Stratigraphie et Paléontologie.** SCHISTES CRISTALLINS 53
MÉSOZOÏQUE. *Trias* 53
Jurassique. Jurassique des Alpes calcaires. Wildstrubel. Fläscherberg. Alpes fribourgeoises. Klippes de Giswyl 56
Jurassique du Jura. Généralités 62
Dogger du Jura septentrional 63
Malm du Jura septentrional 71
Marnes à Creniceras Renggeri 73
Jurassique du Jura souabe et du versant SE de la Forêt-Noire . 78

Digitized by Google

Pages.

Crétacique. Crétacique des Alpes calcaires. Wildstrubel. Glärnisch. Fläscherberg. Klippes de Giswyl 80
Crétacique du Jura 84
Cénozoïque. *Nummulitique et Flysch* 85
Mollasse. Mollasse du canton de Fribourg. 86
Nagelfluh jurassienne 87
Mammifères fossiles 88
Pliocène et Plistocène. Généralités 88
Glaciaire. Drums. Kames. Polis glaciaires. 89
Causes de la période glaciaire 92
Eboulements préhistoriques 93
Préhistorique du Kesslerloch et du Schweizersbild. Pygmées néolithiques 98

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Chez GEORGES BRIDEL & Cie éditeurs à Lausanne.

A PARIS
A LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, boulevard St Germain.

A BALE
CHEZ GEORG & Cie
libraires.

CONGRÈS
GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTE-RENDU
DE LA
SIXIÈME SESSION, EN SUISSE
Août 1894, Zurich.

Prix avec 12 tableaux en couleurs :
25 francs. — 20 marcs. — £ 1. — $ 5.

La 6e partie à part.

CHRONOGRAPHE GÉOLOGIQUE
12 grands tableaux en couleur, avec texte explicatif, et Répertoire stratigraphique polyglotte,
par E. RENEVIER, prof.
Prix : **10 francs.** — Les tableaux seuls, en feuilles : **6 francs.**

Récentes publications de la
COMMISSION GÉOLOGIQUE FÉDÉRALE
En dépôt chez Schmidt & Francke, à Berne.

Carte géologique du Bassin du Léman.
2de éd. de la Fille XVI au 1 : 100 000, avec Notice explicative par RENEVIER et SCHARDT, 1899. — Prix : 10 francs.

E. LETSCH, Die Molassekohlen der Ostschweiz.
253 pages in-4°, avec 8 planches. — Prix : 10 francs.

Matériaux pour la Carte géologique. 2e sér. ; Livr. IX.

J. OBERHOLZER. Monographie einiger prähistorischer Bergstürze in den Glarneralpen.

209 pages in-4°, avec 4 planches et une grande carte géologique au 1 : 20 000, des environs de Glaris. — Prix : 15 francs.

Digitized by Google

LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE EN SUISSE

Nous n'avons plus de Livret-guide à prix réduit. Pour l'obtenir s'adresser à l'éditeur F. PAYOT, à Lausanne. Il reste encore chez notre caissier quelques *Separata* aux prix suivants :

Separata avec planches	Fr. 1 —
Separata sans planche	» — 80
Notices sur les Musées géologiques de la Suisse .	» — 50

S'adresser à M. le prof. MÜHLBERG, à Aarau, en lui envoyant la valeur en *timbres-poste suisses*.

Pour les *Compte-rendus* du Congrès de 1894, voir au dos.

PRIX DES ECLOGÆ

Le vol. I des *Eclogæ* n'est plus en vente séparément.

	En librairie.	Aux membres.
Série des volumes I à V	Fr. 65 —	Fr. 55 —
Volumes II à V, séparément. . . .	» 12 —	» 10 —
Livr. séparées disponibles des vol. I à V	» 2 50	» 2 —
Volume VI	» 12 —	» 10 —

Dès le N° 1 du volume VI le prix de chaque livraison est marqué sur la couverture. — Réduction de $^1/_4$ pour les membres.

2 francs.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

FEB 10 1947
LIBRARY

G J - S

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la société E. RENEVIER, prof.

Vol. VII, N° 2.

avec 1 carte et 9 clichés.

		Pages.
2.	ÆBERHARDT. Phase de recurrence des glaciers (Pl. 1).	103
3.	STRÜBIN. Keuper-Liasschichten von Niederschönthal	119
4.	PREISWERK. Serpentin am Geisspfad.	123
5.	LEUTHARDT. Lettenkohle von Neuewelt.	125
6.	KÆCH. Porphyrgebiet zw. Luganer-See u. Val-Sesia .	129
7.	KÜNZLI. Petrographie der Massaïländer	136
8.	BALTZER. Umgebung des Iseo-Sees	137
9.	SCHMIDT. Wulfenit aus St. Luc	139
10.	Compte-rendu de la réunion de **Zofingen**	141
	A. Rapport du Comité pour 1900-1901	141
	B. Controlbericht über die Rechnung.	144
	C. Protocole de la 20e Assemblée générale . . .	144
	D. Protocole de la Section de géologie	146
	E. Rapport de la Commission géologique suisse .	148
	F. Excursionsbericht (renvoyé).	152

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS

Octobre 1901.

Digitized by Google

AVIS

Les *Eclogæ* servent d'organe périodique à la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE *(Schweizerische geologische Kommission)*.

Les livres, cartes, etc., donnés en échange contre les publications de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

Lit. Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums,
(in Tausch mit der SCHWEIZERISCHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION)
in ZURICH

Les envois de livres, etc. destinés à la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, doivent être adressés :

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, p. adr. *Bibliothèque de la Société helvétique des sciences naturelles à BERNE.*

Annonces.

Les *Eclogæ* inséreront volontiers des annonces payantes de publications géologiques, comptoirs minéralogiques et paléontologiques, collections ou bibliothèques à vendre, etc. Le prix des annonces est de 5 fr. par *quart de page*, avec réduction pour les annonces plusieurs fois répétées.

Die *Eclogæ* nehmen gerne bezahlte Anzeigen über geologische Publikationen, mineralogische und paläontologische Geschäfte, zum Verkauf ausgebotene Sammlungen oder Bibliotheken, etc. auf. Der Preis der Annoncen beträgt 5 Fr. für die Viertelsseite mit Ermässigung bei Wiederholung derselben Anzeige.

PRIX SCHLÆFLI

proposé par la Société helvétique des sciences naturelles pour le 1er juin 1903.

Analyse chimique des eaux et du sol des grands lacs de la Suisse, discussion des résultats.

Pour renseignements s'adresser à

M. le professeur ALB. HEIM, HOTTINGEN-ZURICH V.

Digitized by Google

13620

FEB 10 1971
LIBRARY

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Etude critique sur la théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens

PAR

B. ÆBERHARDT,

prof. à Bienne.

Pl. I.

CHARPENTIER, dans son *Essai sur les glaciers*, déjà, parle d'un curieux phénomène. Ce savant avait constaté que non seulement le glacier passe par des périodes d'avancement et de recul, mais qu'il pouvait parfaitement arriver que deux glaciers, même voisins, se trouvassent en parfait désaccord de croissance : l'un s'allongeant tandis que l'autre passait par une phase de recul ou du moins restait stationnaire.

Charpentier expliquait ce phénomène par la différence de la quantité de neige tombée sur les deux glaciers, différence causée par la prédominance d'un vent pendant la mauvaise saison [1].

Plus récemment, M. FOREL, reprenant cette question, donnait sa règle des variations périodiques des glaciers [2].

Or ce que ces deux naturalistes ont constaté pour les glaciers actuels, M. BALTZER a essayé de le prouver pour les grands glaciers de la période quaternaire. Se basant sur le fait que, aux environs de la ville de Berne, des lambeaux de moraine terminale du glacier de l'Aar reposent sur la moraine profonde du glacier du Rhône, M. Baltzer en a conclu que, à l'époque où le grand glacier du Rhône était en pleine période de recul, n'atteignant plus la ligne de l'Aar, le glacier descendant des Alpes bernoises avait lui, au contraire,

[1] *Essai sur les glaciers*, p. 28.

[2] *Verhandlungen der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft*, 1900.

Digitized by Google

repris sa marche en avant et déposé les grandes moraines de Berne.

M. SCHARDT, qui s'est occupé dernièrement de la revision de la feuille XVI de la carte géologique, frappé, lors du relevé des terrains quaternaires de la présence dans la région de Nyon de toute une série de collines à éléments provenant en grande partie du Jura, a cru pouvoir conclure à l'analogie des faits entre les environs de Berne et ceux du pied du Jura, et parle d'une phase de récurrence des glaciers jurassiens[1].

D'après M. Schardt, les glaciers du Jura qui pendant toute la période d'extension maximale faisaient corps avec celui du Rhône seraient, lors du retrait de ce dernier, venus occuper la place jadis prise par le grand glacier et déposer toute la série des talus morainiques indiqués en bleu sur la carte en question. Telle serait, si je l'ai bien comprise, et cela dans ses grands traits, la théorie de l'honorable professeur de Neuchâtel.

Rendu attentif par M. Baltzer, je résolus de voir la chose de plus près, et après un travail de plusieurs semaines, je me permets de faire connaître mes observations et les conclusions qu'il est possible, à ce que je crois, d'en tirer.

La région que j'ai étudiée plus particulièrement forme une bande de 4-5 kilomètres de large, située au pied du Jura, au SW du plateau de La Côte entre les localités de Bassins, Begnins et Vich du côté de l'E et la ligne Gex, Cessy, Versonnex du côté de l'W. Si cette région n'est pas la seule où se serait passé le phénomène dont parle M. Schardt, c'est celle du moins où d'après la carte[2] il aurait pris le plus d'ampleur. En effet, si du côté du NE il semble disparaître, du côté du SW la teinte verte, caractéristique du glaciaire de la phase de récurrence, se prolonge jusqu'aux limites de la carte tout en présentant une largeur moindre. Au contraire, les environs de Coinsins, Trélex, Gingins, la Rippe sont ceux où la teinte présente le plus d'ampleur et où ont été déposées le plus de moraines jurassiennes, à en juger par les hachures bleues qui se groupent l'une derrière l'autre jusqu'au pied du Jura[3].

[1] *Eclogae*, 1898, vol. V, N° 7, p. 511.

[2] Feuille XVI, 2e édit., 1899.

[3] La contrée qui a été peu étudiée au point de vue glaciaire, quoique, au dire de Jaccard, elle le mériterait bien, a été parcourue par : JACCARD, *Matériaux pour la carte géologique*, vol. VI ; SCHARDT, *Notice explicative de la feuille XVI*, p. 95 ; BALTZER, *Beiträge zur Kenntnisse des diluvialen Rhonegletschers.*

Digitized by Google

Si de Nyon, par Duillier, on prend la route de Coinsins *on* constate bien vite toute l'importance du Glaciaire dans la création du relief de la contrée. Ce sont d'abord des renflements du sol au sommet émoussé, arrondi par l'effort de la glace et qui marquent la région de la moraine profonde du glacier du Rhône. Puis vient en contre-bas une région plane à pente fort peu indiquée que M. SCHARDT[1] regarde comme une alluvion contemporaine de la phase de récurrence; et brusquement, terminant celle-ci du côté du N un talus de 20-30 m. de hauteur que l'œil suit facilement sur un ou deux kilomètres de longueur, jusqu'au ravin de la Serine. Arrivé sur cette espèce de terrasse de Coinsins, on est vite frappé par son relief; du sol sortent toute une série de mamelons allongés, les uns petits, les autres plus grands; les plus petits n'ayant quelquefois pas plus de 5-6 m. en longueur, un peu moins en largeur et 2-3 m. en hauteur; d'autres atteignant 200-300 m. de long et plus, 60-80 m. de large, 20-30 m. de haut; les uns simples, d'autres présentant une forme plus complexe, en ce sens qu'ils possèdent plusieurs branches, d'autres enfin élargissant insensiblement leur éperon en une large terrasse plus ou moins ondulée à la partie supérieure.

L'endroit le plus propice pour l'étude de la chose est sans contredit la ferme dite «Le Bois de chênes[2]. » Vu de l'un des mamelons, le paysage environnant ressemble assez à ce qu'est quelqufois la campagne en hiver, alors que le vent a amoncelé la neige à certains endroits, laissant à d'autres le sol à nu. L'analogie est quelquefois si frappante que cette comparaison vous vient tout naturellement à l'esprit, et que, cherchant quel est l'élément qui a bien pu jouer ici le rôle du vent, on en vient à conclure que seul le glacier a pu, en travaillant, comprimant les matériaux de son lit, créer ce relief.

Les mamelons n'ont d'ailleurs le plus souvent que la direction de commune (et encore n'ont-ils pas toujours nécessairement leur axe le plus long orienté dans la même direction). Ils peuvent être disposés en série l'un à côté de l'autre ou l'un derrière l'autre, mais il arrive très souvent aussi qu'ils se trouvent isolés de leurs voisins et cela se présente aussi bien pour les grands que pour les petits.

En ce qui concerne leur forme, on pourrait les diviser en trois catégories :

1° Les mamelons simples, formés d'une seule branche, comme celui du Molard sur la route Coinsins-Genolier, et

[1] Carte géologique de la Suisse, feuille XVI, 2e édit.
[2] Voir la carte, pl. I.

Digitized by Google

qui, mesuré, atteint environ 180 m. en longueur, 60 m. en largeur et 30 m. en hauteur. Il est orienté dans la direction du NE au SW, présente du côté du NE une pente assez rapide, tandis qu'il se perd insensiblement du côté du SW. Celui-ci étant un des plus grands et des plus typiques, je me permets d'en donner ci-dessous une vue.

Cl. 1. — Colline du Molard, nord de Coinsins (Nyon).
Longueur 200 m., largeur 60 m., hauteur 30 m.

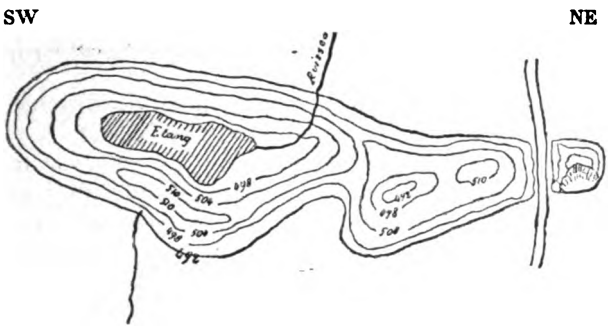
2° Mamelons s'élargissant en terrasse. Chez ceux-ci, l'extrémité regardant le NE présente généralement une pente assez accentuée et assez étroite qui s'élargit bientôt en une terrasse à surface plus ou moins ondulée. Le mamelon situé à côté de la même route au lieu dit « Champ des pierres [1] » en est un exemple. Ils sont beaucoup moins nombreux que les premiers.

3° Les mamelons qu'on pourrait appeler complexes. L'exemple que je vais décrire, quoi qu'il ne soit pas le plus compliqué, se trouve tout à côté de celui du Molard et je le désignerai sous le nom de mamelon de « Baigne [1], » du nom de l'étang qu'il enserre et cache. La colline, commencée non loin du ravin de la Serine, se divise après un parcours d'environ 200 m., l'une des branches, celle du sud, la plus petite disparaissant bientôt, tandis que l'autre, se continuant se divise à son tour en deux branches longues de quelques centaines de mètres, haute de 20 à 30 m. et formant une boucle allongée dans le sens de la direction même des collines. Elles entourent une dépression remplie par l'étang de Baigne. Le ruisseau entré par le côté nord n'a pu se creuser un chenal au travers de la colline, et fait source à quelques mètres, indiquant un sol imperméable sous les matériaux de la colline, tandis que cette dernière est formée de graviers comme le laisse voir une tranchée faite pour capter l'eau.

D'autres collines simples courent parallèlement au sud et au nord de cette dernière, tandis qu'à quelques centaines de

[1] Voir la carte, pl. I.

Digitized by Google



Cl. 2. — Colline contenant l'étang de Baigne (N. de Coinsins).

mètres plus au nord apparaît une nouvelle colline encore plus complexe que la précédente, enfermant elle aussi de ces dépressions en boucle occupées par de petits étangs ou des marais.

Les environs de Trélex et de Gingins[1] sont encore plus intéressants, si c'est possible, au point de vue glaciaire. Si du village de Trélex on prend la route de Saint-Cergues, on rencontre, aussitôt après la sortie du village, une série de collines à orientation NE-SW que la carte au 1 : 25 000 ne rend pas toujours fidèlement et qui ont l'allure de celles de Coinsins, avec cette différence que le sol étant plus en pente, le côté N de ces collines est généralement moins distinct que le côté S, ce qui donne assez l'illusion de terrasses, mais comme le front du mamelon ne se continue pas plus loin, il faut abondonner l'idée d'y voir les gradins de diverses terrasses et les identifier avec les collines de Coinsins.

Enfin, à 1 km. du village, au moment où la route de Saint-Cergues quitte le finage pour entrer dans la forêt, celle-ci traverse successivement une triple série de collines parallèles, peu distantes l'une de l'autre, s'anastomosant en certains endroits, longues de plusieurs centaines de mètres et hautes de 20-30 m. environ. Elles sont parfaitement visibles depuis Gingins ou de la campagne de Trélex, quoique la jeune forêt qui les recouvre en masque un peu la hauteur et les formes tout en rendant pénible l'accès du sommet. La route traverse la dernière peu avant le croisement avec le chemin de Gingins ; à partir de là, ces mamelons si caractéristiques disparaissent complètement, et en gravissant la pente jusqu'à Saint-Cergues, on n'en voit plus traces. Ces collines qui se

[1] Voir la carte, pl. I.

Digitized by Google

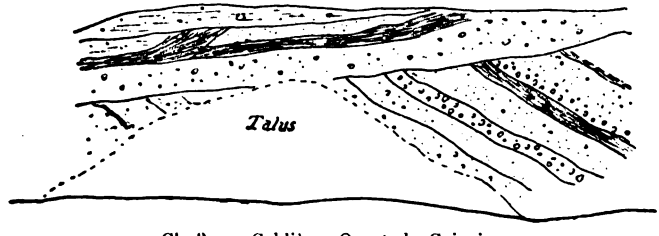
poursuivent bien au loin du côté du pays de Gex[1] n'ont pas, à ce que je crois, et comme nous le verrons tantôt, la même origine que celle de Coinsins.

Les environs de Gingins sont, eux aussi, caractérisés par toute une série de collines à orientation NE-SW[1]. La plus intéressante est celle qui se trouve à l'ouest de le ferme du Pontet; sa longueur est d'environ 150 m., sa hauteur de 30 m.; elle est en outre entamée par trois sablières qui en laissent voir l'intérieur. Cette colline ne forme d'ailleurs qu'un chaînon de toute une série d'autres qui se suivent sur un espace de plusieurs kilomètres du côté de l'ouest par les hauteurs « du Crêt » de « Bon-Mont » de « Vendôme » pour aller se terminer par une colline en fer à cheval au N de Divonne.

Passons maintenant à l'étude de la structure intérieure des formations, et commençons par ce que j'appellerai la terrasse de Coinsins[1]. M. Schardt l'indique sur la feuille XVI par le pointillé bleu qui doit représenter un rempart morainique de la phase de récurrence. Or voici ce que laissent voir les diverses sablières ouvertes à sa surface.

1re sablière, W de Coinsins, 200 m. du village.

Les matériaux sont stratifiés horizontalement à la partie supérieure, obliquement plus bas.



Cl. 3. — Sablière, Ouest de Coinsins.

Le dénombrement des matériaux d'après leur origine donne: matériaux provenant du Jura[2] 87,

matériaux provenant des Alpes[3] 41.

j — 87,	j — 98,	j — 58
a — 41,	a — 60,	a — 28

[1] Voir la carte, pl. I.

[2] Les matériaux provenant du Jura sont surtout les calcaires jaunâtres du Crétacique et les blancs du Malm.

[3] Les matériaux alpins sont les schistes verts et gris, les calcaires noirs, l'euphotide, l'éclogite, la serpentine, le granit du val Ferret, etc. — Pour éviter les longueurs, je désignerai désormais les matériaux provenant des Alpes par *a*, ceux provenant du Jura par *j*.

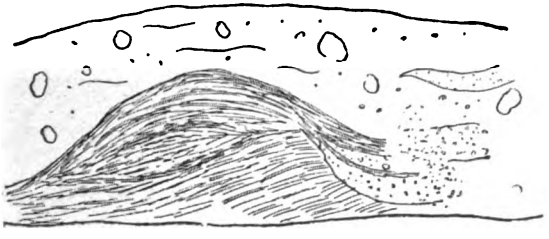
Digitized by Google

donc environ $^2/_3$ de jurassiens pour $^1/_3$ d'alpins. Je n'ai pas trouvé de cailloux striés.

Seconde sablière, au bord de la route Vich-Coinsins à 100 m. de Vich.

La partie supérieure présente 1 m. de gros matériaux, variant de la grosseur du poing à des blocs de $^1/_2$ m. de diamètre, pas de stratification. Au-dessous viennent des couches de sable ou de gravier fin, à stratification irrégulière

j — 59, j — 80
a — 27, a — 38



Cl. 4. — Sablière, Ouest de Vich.

D'autres sablières présentant les mêmes caractères se trouvent sur la nouvelle route Coinsins-Vich, sur la route Duillier-Genolier au lieu dit Cordex.

L'inclinaison des couches est quelquefois très prononcée, et toujours la rareté des cailloux striés, pour ne pas dire le manque de ceux-ci, est frappant.

Autres chiffres donnant la proportion des matériaux suivant leur provenance, chiffres qui ont été pris dans les deux dernières sablières :

j — 66, j — 130, j — 70
a — 22, a — 50, a — 22

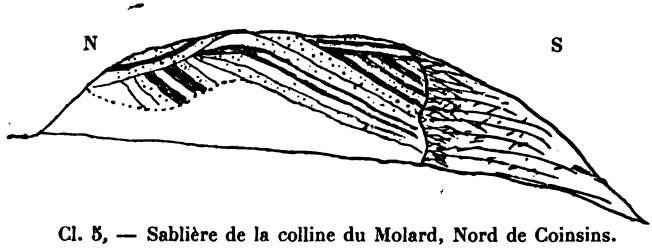
Parmi les collines qui courent plus ou moins parallèlement à la surface de la terrasse dont nous venons de causer, trois seules aux environs de Coinsins sont ouvertes, laissant voir leur structure intérieure : celle de l'étang de Baigne à son extrémité orientale, celle du Crétaud sur la route Coinsins-Genolier, et enfin celle du Molard[1]. Cette dernière est la plus intéressante, une grande sablière qui entame la colline

[1] Voir la carte pl. I et le profil, p. 106.

Digitized by Google

sur presque toute sa largeur nous renseignant suffisamment sur ces drôles de mamelons. Les matériaux parfaitement stratifiés, à stratification discordante, s'inclinent aussi bien vers le pied du Jura que du côté opposé ; les couches semblent avoir en quelque sorte glissé l'une sur l'autre sous l'action d'une force superficielle. Ce sont surtout des sables et des graviers à éléments roulés ; les blocs un peu gros et anguleux manquent. J'ai trouvé quelques rares calcaires noirs striés[1].

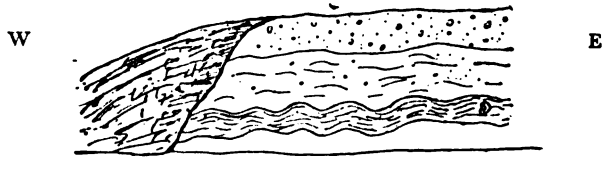
j — 68, j — 99, j — 81
a — 36, a — 34, a — 29



Cl. 5, — Sablière de la colline du Molard, Nord de Coinsins.
(Coupe transversale.)

La structure de ces collines peut encore être étudiée dans deux d'entre elles qu'on rencontre sur la route de Trélex à Saint-Cergues[2]. Elles laissent aussi voir une stratification irrégulière, rubannée parfois, à éléments plutôt fins. L'une d'entre elles présentait quelques cailloux striés semblant venir surtout de la partie supérieure non stratifiée. Un bloc céphalaire arrondi et strié occupait l'une des strates.

j — 87, j — 81
a — 63, a — 50

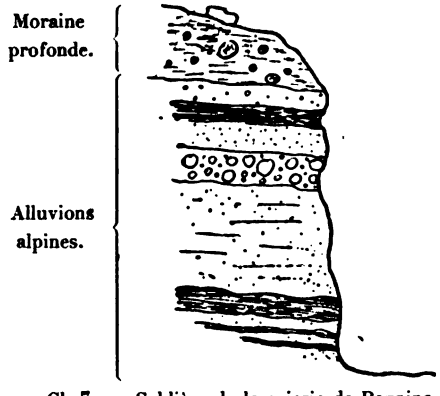


Cl. 6. — Sablière au nord de Trélex.

[1] La feuille XVI, 2me éd. donne la colline et ses voisines pour un talus morainique dans la phase de récurrence.
[2] Voir la carte pl. I.

Digitized by Google

D'autres de ces mamelons ouverts de même se trouvent non loin de Muids[1] et un autre sur la route de Begnins-Bassins, peu après le moulin de Cisille. Cette dernière est intéressante parce qu'elle permet de voir quelle est la couche sur laquelle reposent les collines en question. En effet, à 200 m. de là le ravin de la scierie de Begnins nous renseigne à ce que je crois assez clairement. La base du ravin est occupée par des alluvions alpines, les alluvions anciennes de JACCARD[2], CH. MARTIN[3], A. FAVRE[4] et autres géologues, alluvions si bien à découvert sur toute la pente sud du plateau de La Côte, de Féchy à Begnins



Cl. 7. — Sablière de la scierie de Begnins.

Ces alluvions visibles sur une hauteur de 25-30 m. sont surmontées par la moraine profonde avec très nombreux cailloux striés, blocs petits et grands empaquetés dans de la boue glaciaire.

Mais tandis qu'aux environs de Duillier les éléments provenant du Jura sont très rares, ils sont ici mieux représentés, et j'ai trouvé :

j — 18, j — 24
a — 31, a — 36

La surface est parsemée de bloc erratiques. Cette même formation est à découvert près du moulin de Cisille et sur la nouvelle route de Begnins à Bassins.

[1] Voir la carte, pl. I.
[2] Matériaux pour la carte géologique.
[3] Recherches récentes sur les glaciers actuels et la période glaciaire. *Revue des Deux-Mondes*, avril 1875.
[4] Sur l'origine des lacs alpins. *Bibl. univ.*, t. XXII, 1865.

Digitized by Google

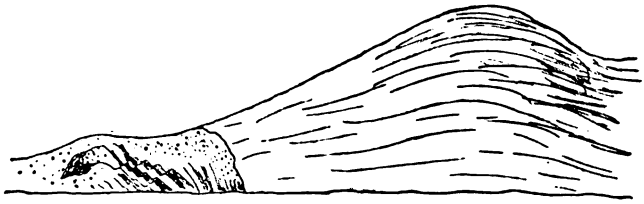
La sablière dans la colline de Cisille laisse voir une stratification et en outre elle est relativement plus riche en éléments provenant du Jura que la moraine profonde sur laquelle elle doit reposer :

j — 85, j — 83
a — 24, a — 20

Voilà pour la terrasse de Coinsins et les collines qui la surmontent ; quant aux nombreuses collines qui se trouvent au nord de Gingins, Trélex, Givrins, comme je l'ai déjà dit précédemment, elles ne me semblent pas avoir pour origine les mêmes causes que celles dont nous venons de parler.

En effet, les trois sablières ouvertes dans celle du Pontet[1] ne présentent pas de stratification, si ce n'est l'une d'entre elles et cela seulement au pied de la pente tournée du côté du lac. Les strates sont inclinées de 60-80° vers le pied du Jura et forment une ligne brisée comme si elles avaient glissé sous l'action d'une pression superficielle.

SE NW



Cl. 8. — Sablière, colline du Pontet (coupe transversale).

Les éléments de la sablière sont en général petits et les blocs céphalaires ne sont pas nombreux. Absence à peu près complète de galets striés.

j — 64, j — 44
a — 18, a — 14

Quelques blocs anguleux alpins sont disséminés à la surface. Ils sont un peu plus nombreux sur la colline qui court parallèlement à 100 m. plus au nord.

Une petite sablière ouverte au flanc de la colline du Cret[1] est relativement plus riche en éléments alpins et donne

j — 35 } petits j — 25 } gros
a — 18 } a — 27 }

Les cailloux éraillés sont ici plus nombreux.

[1] Voir la carte, pl. I.

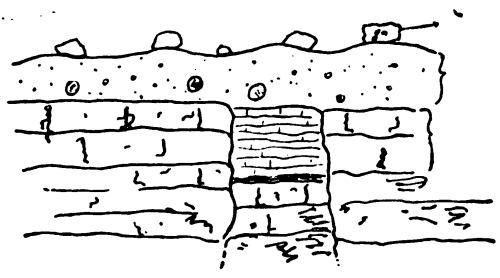
Digitized by Google

Un point intéressant pour la genèse de ces formations à éléments mi-jurassiens, mi-alpins se trouve au nord du village de Vesancy[1], à 2 ou 3 km. de Gex-la-ville.

La feuille XVI donne là un talus morainique de la phase de récurrence. Il y a là effectivement une colline crétacique avec Valangien et Hauterivien supérieur très bien à découvert, le tout entouré d'une ceinture de détritus morainiques et d'éboulis. Les éboulis superficiels proviennent plus que probablement du sommet de la colline où affleurent tout au haut les calcaires blancs de l'Urgonien. Quant aux détritus morainiques, il faut aller les étudier dans la carrière non loin de la chapelle de Vesancy. Là, sur les couches du Valangien, il est facile d'observer la moraine profonde à éléments roulés et striés, entourés d'une boue glaciaire, les éléments provenant du Jura très bien représentés, relativement plus gros et plus nombreux que les alpins, du moins ici.

j — 36, j — 25
a — 15, a — 12

Et sur cette moraine profonde à éléments provenant tout aussi bien du Jura que des Alpes, toute une série de blocs erratiques, gneiss et granites anguleux grands et petits, restes probablement de la moraine superficielle du glacier du Rhône.



Cl. 9. — Carrière près de la chapelle de Vesancy (Gex).

Si les faits à observer se bornaient à ceux étudiés jusqu'à maintenant, la compréhension en serait relativement facile ; mais à côté des sablières décrites, des collines étudiées, d'autres se présentent offrant des caractères complètement différents, quant à la structure intérieure et quant aux éléments qui les forment. M. Schardt a d'ailleurs parfaitement rendu

[1] Voir feuille XVI de la carte géologique.

Digitized by Google

la chose et la feuille XVI donne des régions où le pointillé bleu est indiqué sans mélange de pointillé rouge : c'est la région où les éléments alpins manquent ou du moins deviennent rares. Ainsi immédiatement derrière la colline du Pontet coupant celle-ci à angle droit, se trouve un monticule dans lequel on a aussi creusé une sablière [1]. Les éléments varient de 1 m³ à des galets nuciformes ; le tout non stratifié et moins roulé. Les galets alpins sont devenus si rares qu'il est difficile d'en trouver quelques-uns.

Ce monticule ne doit donc pas avoir, si l'on en croit son orientation différente et sa structure intérieure une origine semblable à celle des collines à orientation NE-SW. En le suivant pendant 100 m. environ, on arrive à une échancrure dans la seconde colline à orientation NE-SW et tôt après on pénètre dans une petite dépression marécageuse laquelle est limitée à quelque distance de là par une série de talus hauts de 10 à 15 m., ayant parfaitement la forme en fer à cheval et qui viennent s'adosser à la seconde série des collines à orientation NE-SW.

Ces monticules, autant que j'ai pu en juger ne présentent que de rares éléments alpins. On retrouve d'autres dépressions tourbeuses avec leur rempart semi-circulaire à quelques mètres de celle dont je viens de causer et en contre-bas de celles-ci, des dépôts identiques à ceux de la sablière derrière le Pontet, ainsi la sablière à quelques pas de la ciblerie de Gingins de même que les fossés creusés non loin.

Pour moi, ces collines à éléments presque exclusivement calcaires, à forme semi-circulaire entourant leurs dépressions marécageuses, ne sont rien d'autre que les moraines terminales des diverses langues d'un petit glacier jurassien descendu du flanc du Jura. Une échancrure dans la montagne placée sur la même ligne aura servi de bassin collecteur à ce glacier minuscule. Quant au mamelon arrivant perpendiculairement sur la colline à orientation NE-SW du Pontet et aux dépôts similaires, je les prends pour des cônes de déjection provoqués lors de la rupture des moraines terminales de ces petits glaciers sous le poids de l'eau des petites mares qui se seront formées avec la fusion de la glace derrière ces barrières naturelles. Ces matériaux ont parfaitement l'aspect de coulées boueuses qui auront troué la série des collines à orientation NE-SW.

Des collines semblables à celles que je viens de décrire se

[1] Voir la carte, pl. I.

Digitized by Google

trouvent aussi de chaque côté du ruisseau qui sort du ruz de Saint-Cergues au nord-ouest de Givrins. Ces collines courent perpendiculairement à la direction du Jura bien au-dessus du lit actuel du ruisseau. Le rempart est ici double. Un chemin de forêt qui pénètre à mi-hauteur dans le ruz, côté est, laisse voir à certains endroits des matériaux, presque exclusivement jurassiens, petits et grands, arrondis, à peine striés vu le manque presque complet de cailloux alpins plus durs. Les gros éléments sont entourés d'une boue jaunâtre, calcaire.

Le fond du ruz par contre présente plusieurs blocs alpins et des cailloux roulés alpins et jurassiens. Cette boue calcaire à éléments roulés jurassiens se retrouve de même au flanc du Jura, au-dessus de Divonne ; mais toujours, à ce qu'il m'a été possible de voir, elle vient s'adosser et s'arrêter aux collines à orientation NE-SW.

D'autres sablières enfin comme celle ouverte aux Echaux, ouest de Gingins, une autre ouverte au nord-ouest de Givrins lieu dit Pont-de-terre ainsi que toutes celles creusées dans la terrasse qui de Gland s'en va à l'ouest en passant en contre-bas au sud de la terrasse de Coinsins, toutes ces sablières laissent voir une stratification peu marquée, à couches inclinées de quelques degrés du côté du lac ou presque horizontales. Les éléments sont mélangés.

Sablières de Gland :

j — 88,	j — 85,	j — 164,	j — 124
a — 31,	a — 35,	a — 70,	a — 51

Ce sont, à mon avis, des alluvions post-glaciaires déposées par les ruisseaux descendus des flancs du Jura.

Passons maintenant à la discussion des diverses faces du problème.

Et d'abord il sera intéressant de savoir de quelle nature étaient les moraines latérales que le grand glacier du Rhône a déposées sur les flancs du Jura.

Quand on aura songé que le glacier sorti du Valais a côtoyé la chaîne du Jura, avec ses calcaires si peu résistants à la gelée, du Chasseron jusqu'à ses moraines terminales de Wangen, c'est-à-dire sur environ 80 km. de longueur où jusqu'à celles du Fort-de-l'Ecluse, on devra se dire que malgré l'apport de blocs alpins provenant de la moraine superficielle comme de la moraine profonde, ces moraines laté-

Digitized by Google

rales ont dû se composer en grande partie d'éléments jurassiens. C'est ce que prouvent d'ailleurs les moraines déposées sur le flanc de la chaîne du lac que j'ai pu étudier à Macolin, sur Bienne, et à Romont, au-dessus de Longeau.

Dans le premier de ces endroits, les derniers remparts se trouvent à la cote de 930-970m., derrière l'hôtel et courent obliquement dans la direction du vallon d'Orvin. Ces mamelons ne peuvent être pris pour les moraines d'un glacier jurassien, vu leur situation presque au sommet de la chaîne, l'absence de bassin collecteur à proximité et leur allure même. Or la dernière de ces moraines donne :

j — 41
a — 15

la plupart des blocs un peu gros sont jurassiens, quelques-uns bien arrondis et striés, d'autres plus anguleux.

L'avant-dernière donne :

j — 50, j — 30
a — 11, a — 9

alpins et jurassiens striés.

Enfin une autre muraille morainique donne :

j — 44, j — 39, j — 34
a — 7, a — 3, a — 8

Ces proportions changent aussitôt qu'on descend la pente de la montagne et les éléments alpins roulés deviennent plus nombreux dans les moraines latérales placées plus bas, les matériaux de la moraine profonde en grande majorité alpins venant s'ajouter ici aux détritus jurassiens [1].

Les mêmes choses peuvent être observées dans la moraine latérale de Romont située à W du village à quelques dix mètres au-dessus de ce dernier. Peut-on ensuite, de la présence de matériaux jurassiens à quelques kilomètres même du pied de cette chaîne, déduire la présence d'un glacier jurassien en cet endroit [2], je ne le crois pas. Qu'à une trop grande distance de cette chaîne on ne rencontre plus de matériaux jurassiens, je le comprends assez, le glacier se dirigeant de Villeneuve vers le Jura ayant empêché, surtout à l'époque d'extension maximale, les matériaux provenant du Jura de s'éloigner beaucoup de celui-ci. Tout autres par contre ont dû être les conditions à l'époque de la fusion du glacier;

[1] Une moraine latérale ouverte, située à environ 200 m. au-dessus de Bienne, donne : j — 43, a — 30.

[2] Schardt, *Notice explicative de la feuille XVI*, 2e édit,

Digitized by Google

les moraines latérales, formées en grande partie d'éléments jurassiens, moraines qui jusqu'alors avaient été déposées sur la hauteur, se sont abaissées avec lui et sont venues atteindre la plaine dans la région au nord de La Côte.

Les collines à orientation NE-SW situées au nord de Givrins, Trélex, Gingins, la Rippe[1] ne seraient rien d'autre, pour moi, que la moraine latérale du glacier du Rhône déposée pendant un arrêt précédant le retrait définitif. Leur orientation en série, le manque de stratification de leurs éléments, leur forme extérieure le font supposer. Je ne puis les prendre pour des moraines de glaciers descendus du Jura[2], car un coup d'œil jeté sur la carte[3] laissera constater qu'elles cessent d'exister partout où des ruz, entaillant le Jura, ont pu donner naissance à des ruisseaux qui les auront probablement enlevées. Puis le fait que, à l'inverse de ce qui devrait être si elles étaient des moraines de glaciers jurassiens, c'est toujours la pente tournée vers le lac qui est la plus prononcée, dans les collines situées à l'ouest du Pontet, tandis que la pente tournée vers le lac présente une différence de niveau de la base au sommet pouvant aller jusqu'à 30 m., la pente tournée vers le Jura est fort peu marquée. En outre, comment s'expliquerait le fait que tandis que ces glaciers déposaient des moraines terminales à éléments contenant jusqu'à $^1/_3$ et plus de détritus alpins roulés, leurs moraines profondes placées en arrière n'en contiendraient pour ainsi dire plus du tout?

Quant aux collines de la terrasse de Coinsins[4], la nature stratifiée des éléments qui les forment, la disposition pseudo-anticlinale[5] des couches, la dispersion des mamelons, leur orientation suivant une direction à peu près unique, leurs formes extérieures ne permettent pas d'y voir des moraines terminales de glaciers jurassiens ; pourquoi d'ailleurs le front de la moraine aurait-il seul subsisté malgré l'action érosive des torrents en découlant, tandis que les moraines latérales auraient disparu[6] ? Il faut plutôt y voir, à ce qu'il me semble,

[1] Voir la carte pl. I.

[2] Voir carte géologique de la Suisse, feuille XVI, 2e édit.

[3] La carte accompagnant ce travail, pl. I.

[4] La feuille XVI de la carte géologique donne la terrasse elle-même et les collines qui la surmontent comme des talus morainiques de la phase de récurrence.

[5] Voir figure 10, dans « Beiträge zur Kenntniss des diluvialen Rhonegletschers, » de A. Baltzer. *Eclogæ*, vol. VI, No 4, p. 389.

[6] Dr A. Baltzer, «Beiträge zur Kenntniss des diluvialen Rhonegletschers.» *Eclogæ*, vol. VI, No 4.

Digitized by Google

des formations de courants sous-glaciaires de l'époque de retrait du glacier du Rhône. Tandis que le glacier déposait ses moraines latérales, des torrents glaciaires provenant de la fonte du grand glacier ainsi que de torrents descendant du Jura auront pris les matériaux de la moraine profonde et les auront stratifiés irrégulièrement dans de longs canaux sous-glaciaires[1]; puis, le glacier se mouvant encore quelque peu aura donné à ces dépôts leur forme extérieure caractéristique. Par contre, les régions non visitées par ces courants sous-glaciaires auraient conservé l'allure de la moraine profonde avec détritus jurassiens relativement nombreux au pied du Jura, mais diminuant insensiblement au fur et à mesure qu'on s'en éloigne.

Les glaciers jurassiens n'auraient cependant pas été sans jouer un rôle dans ce moment de l'histoire glaciaire de la région. Sortis des échancrures de la chaîne au fur et à mesure que le grand glacier diminuait d'épaisseur, ils auraient suivi ce dernier sans cependant qu'on pût parler d'une phase de récurrence; leurs petites moraines[2] terminales venant se heurter à la moraine latérale du grand glacier ne permettant guère de le supposer. Ils auront probablement suivi le sort de leur grand voisin, et auront disparu à l'époque où le front de celui du Rhône reculait insensiblement du côté de la grande vallée du Valais, et cela tout en donnant naissance à des alluvions post-glaciaires et à des coulées de matériaux traversant la région des grandes moraines latérales.

Je me résume en disant :

1° Les dépôts glaciaires à éléments jurassiens et alpins de la région de Gingins appartiennent à la phase de fusion du glacier, précédant le retrait définitif de ce dernier.

2° Les collines à orientation NE-SW du pied immédiat du Jura sont la moraine latérale du glacier du Rhône atteignant la plaine en cet endroit, à ce moment de son existence.

3° La terrasse de Coinsins et les collines qu'elle supporte ainsi que les dépôts analogues sont des formations de courants sous-glaciaires dont les eaux provenaient en partie de

[1] Neumayr, *Erdgeschichte*, B. I, S. 546 et F.-A. Forel, *Eclogæ. geolog. helv.*, vol. VI, N° 6, p. 505.

[2] Ces petits talus ne sont pas donnés sur la feuille XVI, les remparts morainiques jurassiens représentant les formes déjà citées.

Digitized by Google

la fusion de petits glaciers jurassiens. Ces collines peuvent être identifiées aux *kames* d'Amérique, d'Irlande ou de l'Allemagne du nord.

4° Lors du retrait du grand glacier, de petits glaciers sont sortis du Jura, sans cependant donner lieu à une phase de récurrence.

5° Pendant la fusion du glacier, comme plus tard aussi, de petits courants ont repris ces matériaux et ont créé la terrasse de Gland et les dépôts similaires.

6° A la suite des nouvelles observations de M. BALTZER ainsi que de celles qu'il m'a été donné de faire, la feuille XVI de la carte géologique devrait, en ce qui concerne le glaciaire, subir les transformations que j'apporte dans celle qui accompagne ce travail.

Neue Aufschlüsse in den Keuper-Liasschichten von Niederschönthal

(Basler Tafeljura).

Von Dr K. STRÜBIN, Basel.

Vor 45 Jahren legte Herr Professor Dr. RÜTIMEYER[1] der 41. Versammlung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft, die damals in Basel tagte, grosse Reptilknochen vor, welche Herr A. GRESSLY im obern Keuper von Niederschönthal bei Liestal gefunden hatte. Er teilte zugleich das vom Finder der Wirbeltierreste genau aufgenommene Profil mit. Für diese Knochenfragmente wurde der Name: *Gresslyosaurus ingens* vorgeschlagen. Ein Jahr später publizierte RÜTIMEYER[2] im Neuen Jahrbuch für Mineralogie etc. (in einem Briefe an Herrn Prof. Dr. Bronn) einige Mitteilungen über die geologische Lage der fossilen Knochen, sowie eine Besprechung der einzelnen Fundstücke. Rütimeyer kam zu dem Schlusse, dass die von ihm als *Gresslyosaurus ingens* bezeichneten Wirbeltierreste identisch seien mit dem aus Schwaben bekannt gewordenen Reptil: *Belodon Plieningeri* H. v. M.

[1] RÜTIMEYER: Fossile Reptilknochen aus dem Keuper von Liestal. (*Verhandl. der schweiz. naturf. Ges.* 1856, p. 62.

[2] RÜTIMEYER: Ueber die im Keuper zu Liestal aufgefundenen Reptilreste von Belodon. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc.* 1857, p. 141.

Digitized by Google

Seit jener Zeit waren diese Wirbeltierreste aus dem obern Keuper von Niederschönthal nicht mehr Gegenstand genauerer Untersuchung geworden. In jüngster Zeit hingegen hat Herr Dr. F. v. Huene[1] sich die Aufgabe gestellt, die triassischen Dinosaurier des europäischen Kontinents zu bearbeiten. Zu diesem Zweck sind ihm auch die auf dem Basler Museum aufbewahrten Knochen des grossen Reptils von Niederschönthal zur Neubearbeitung überlassen worden.

Die Direktion des naturhistorischen Museums in Basel hat, um eventuell das etwas fragmentarische Material durch neue Funde vermehren und ergänzen zu können, an der bekannten Lokalität Niederschönthal während des Monates Juni dieses Jahres Grabungen vornehmen lassen, welch letztere zu kontrollieren ich das Vergnügen hatte.

Die in Rede stehende Lokalität liegt circa 2 1/2 Kilometer nördlich von Liestal an der Ergolz. Die in Niederschönthal anstehenden Schichten, welche circa 10—15° nach NW einfallen, gehören dem obern Keuper und dem untern Lias an. Auf beiden Ufern wurden ungefähr 150 Meter oberhalb der Spinnerei von A. Iselin & Cie[2] künstliche Aufschlüsse zur Entblössung der Keuper-Liasgrenze hergestellt. Bei der Zusammenstellung nachfolgenden Gesamtprofiles berücksichtigte ich speciell die auf dem linken Ufer durch Grabarbeiten aufgeschlossene Schichtserie sowie einige schon bestehende Liasaufschlüsse am Bach- und Kanalufer.

In der im Gesamtprofil dargestellten Schichtserie beanspruchen in erster Linie die Schichten der *Avicula contorta* oder Bonebedschichten, sowie die sog. *Zanclodon*- oder Knollenmergel besonderes Interesse, da diese Horizonte in der Umgebung von Basel selten in guten Aufschlüssen der Beobachtung zugänglich sind.

Die Zone der Avicula contorta (Rhæt. 0,75 m.)

Am Aufbau dieses Schichtkomplexes beteiligen sich, wie aus dem Gesamtprofil (Schicht N° 11-14) hervorgeht, graue und chocoladebraunrote Mergel, graue, feinkörnige, zum Teil glimmerhaltige Sandsteinschweifen, dann das eigentliche

[1] Huene: Vorläufiger Bericht über die triassischen Dinosaurier des europäischen Continentes. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, Bd. II, 1901.

[2] Die Firma A. Iselin & Cie, auf deren Grund und Boden die wissenschaftlichen Zwecken dienenden Grabungen vorgenommen wurden, hat durch ihre Zuvorkommenheit, mit welcher sie die Arbeiten unterstützte, das naturhistorische Museum in Basel zu grossem Dank verpflichtet.

Digitized by Google

Digitized by Google

Oberer Keuper	Zone der Avicula contorta (Rhät.)	11	Aschgrauer, seifig sich anfühlende Schieferthone.	0,08 m.	
		12	Aschgrauer, gefältelter, plastischer Thon, nach unten in chocoladebraunroten Thon übergehend.	0,45 m.	
		13	Grauer Schieferthon mit feinkörnigen Sandsteinschweifen. Im untern Teil nehmen die Schieferthone dunklere Färbung an.	0,20 m.	Modiola minuta, Gervillia præcursor. Schizodus cloacinus, Cardinia spec. Pecten (Chlamys.) spec. ? Arca spec. Seestern. Pflanzenreste, Gagatkohle. Spärliche Fisch- und Saurierüberreste.
		14	Weisslichgrauer Sandstein mit Knochenresten u. Zähnen u. Coprolithen. Der Sandstein kann durch ein grobes Conglomerat oder durch sandige Schieferthone ersetzt werden. *Bonebed.*	0,01-0,05 m.	Fisch- uud Saurierzähne, Knochentrümmer, Coprolithen. Steinkerne von ? Cardium spec.
	Zanclodon- oder Knollenmergel	15	Aschgrauer, kurzbrüchiger Mergel; derselbe wird gegen das Bonebed hin von chailleartigen Kalken (0,10 m. mächtig) überlagert.	2,10 m.	Knochenfragmente.
		16	Zum Teil grünlichgraues, zum Teil schmutzigviolettes Conglomerat. Die einzelnen Gerölle sind erbsen- bis nussgross.	0,40 m.	Fossiles Holz (im obern Teil). Reste von grossen Reptilknochen.
		17	Schmutziggrauvioletter und grünlichgrauer, zäher, harter Mergel.	0,55 m. ↓	

Digitized by Google

Gesamtprofil der anstehenden Schichten von Niederschönthal.

à p. 120.

Unterer Lias.	Zone des Asteroceras obtusum	1	Graublauer (in feuchtem Zustand fast schwarzer), rauhsandiger, pyrithaltiger Mergel.	Circa 5,00 m.	Kleine Bivalven.
	Zone des Pentacrinus tuberculatus	2	Graublauer, zäher Kalk mit wenig mächtigen Mergelzwischenlagen.	0,40 m.	Am. (Asteroceras) stellaris. *Pentacrinus tuberculatus.* Gryphæa obliqua. Rhynchonella Deffneri.
	Zone des Arietites Bucklandi	3	Graublauer, kieselhaltiger, auch spätiger Kalk.	1,20 m.	Verschiedene Arietitesarten. Am. (Arnioceras) Hartmanni. Am. (Agassiceras) Sciponianum. Gryphæa arcuata, Terebratula vicinalis.
		4	Dunkelblaugrauer, rauhsandiger Mergel.	0,05 m.	Gryphæa arcuata (häufig).
	Graublaue Kalke und die Cardinienbank	5	Blaugrauer, zum Teil zäher, zum Teil spätiger Kalk. (Cardinienbank.)	0,20 m.	Verschiedene Cardinienarten (meist nur Steinkerne).
		6	Dunkelblaugrauer, rauhsandiger Mergel.	0,05 m.	Gryphæa arcuata (häufig).
		7	Graublaue Kalke, nach unten in einen typischen Echinodermenkalk übergehend.	0,65 m.	Pentacrinus psilonoti. Pecten (Entolium) cf. Hehlii.
	ras planorbis u. der Schlotheimia angulata	8	Dunkelblaugrauer, rauher, sandiger, pyrithaltiger Mergel.	0,08 m.	Pentacrinus psilonoti. Schlotheimiafragment.

Digitized by Google

Digitized by Google

Bonebed, welches zum Teil einen kieselreichen, von schwarzgefärbten Knochenresten und Fisch- und Saurierzähnen, sowie Coprolithen durchsetzten Sandstein darstellt. Letzterer kann durch ein grobes Conglomerat oder auch durch graue, sandige Schieferthone ersetzt werden. Da bis zur Zeit keine bestimmbaren Reste von wirbellosen Tieren aus diesem Horizont der Lokalität Niederschönthal bekannt gewesen sind, möchte ich folgende, wenn auch spärliche Fossilliste[1] anführen:

A. Wirbellose Tiere.

1. *Echinodermen:*

Ein kleiner, nicht näher bestimmbarer Seestern, Sch. N° 13.

2. *Lamellibranchiaten:*

Modiola minuta, Gof. Sch, N° 13. Pecten (Chlamys) spec. Sch. N° 13.
Gervillia præcursor, Qu. Sch. 13. ? Arca spec., Sch. N° 13.
Schizodus cloacinus, Qu. Sch. 13. Cardinia spec., Sch. N° 14.
? Cardium spec., Sch. N° 13.

B. Wirbelthiere.

Eine grosse Anzahl Fisch- und Saurierzähne, sowie Knochen und Coprolithen. Sch. N° 14.

C. Pflanzen.

Neben Blattfragmenten nicht näher bestimmbarer Pflanzen tritt auch pechschwarze Gagatkohle auf. Sch. N° 13.

Ausser der in Rede stehenden Lokalität sind Peter Merian[2] folgende Rhätvorkommnisse im Kanton Basel bekannt gewesen: Muttenz (am Wege nach dem Gruth), Lauwyler Berg, Schwengi bei Langenbruck (auf der Weide oberhalb des Kilchzimmers.) An den beiden letztgenannten Rhätaufschlüssen hatte Merian schon unbestimmbare Fossilabdrücke beobachtet. Mühlberg[3] gibt später von der Lokalität obere Weid beim Kilchzimmer folgende Petrefactenliste (nach den Bestimmungen von C. Beck und E. Fraas):

Avicula contorta, Portl. (Nur Abdruck eines Bruchstückes.)
Cardium rhæticum, Mer.
Cardium cloacinum, Qu.
Pecten valoniensis, Defr.
Mytilus minutus, Gdf.
Myacites Quenstedti, Gümb.
Nucula alpina, W.

[1] Die Bestimmung der Fossilien wurde auf dem geologischen Institut der Universität Basel ausgeführt.

[2] Merian: Ueber das sog. Bonebed. *Verhandl. der naturf. Ges. in Basel*, 1857.

[3] Mühlberg, F.: Bericht über die Excursion V etc. *Extrait du compte rendu du Congrès géologique à Zurich*, 1894.

Digitized by Google

Was die stratigraphische Stellung der Rhätschichten anbetrifft, möchte ich mich der Ansicht derjenigen Autoren anschliessen, welche diesen Schichtcomplex als noch zum Keuper gehörend betrachten.

Nicht nur die Fauna, sondern auch hauptsächlich die lithologische und petrographische Beschaffenheit der obern über dem Bonebed liegenden Schichten spricht für die Zuteilung derselben zum Keuper. Wie aus dem Gesamtprofil Schicht N° 11 und N° 12 zu ersehen ist, werden die blauschwarzen Insektenmergel von sterilen, aschgrauen und chocoladebraunroten Mergeln unterteuft, die ihrem Aussehen nach zu schliessen, eben so gut dem mittlern, bunten Keuper angehören könnten. In Niederschönthal schliesst das Bonebed die Zone der Avicula contorta gegen die darunter liegenden Zancledon- oder Knollenmergel ab. An vielen Orten in Schwaben[1] wird das Bonebed von ein- bis mehrere Fuss mächtigen, gelben, harten Sandsteinen unterteuft. Letztere fehlen an der in Rede stehenden Lokalität entschieden.

Die Zanclodon- oder Knollenmergel (2,90 m. aufgeschlossen.)

Diese bauen sich der Hauptsache nach aus grünlich-grauen, kalkhaltigen, kurzbrüchigen Mergeln auf. Diese letzteren liegen über einem circa 0,40—0,80 Meter mächtigen Conglomerat, welches aus erbsen- bis nussgrossen, grünlichgrauen nnd schmutzigvioletten nicht stark abgerundeten Geröllen und einem mergeligen Bindemittel besteht. Durch die Grabarbeiten ist aus dem obern Teil der conglomeratischen Schichten durch seine Struktur nicht verkennbares fossiles Holz zu Tage gefördert worden. Diesen *Zanclodon-* oder Knollenmergeln entstammen die seiner Zeit von Rütimeyer zuerst als *Gresslyosaurus ingens* bezeichneten, später mit *Belodon Plieningeri* H. v. M. identifizierten grossen Reptilknochen von Niederschönthal. Durch die letzten Erdaufschürfungen ist das Vorkommen von Knochenfragmenten in diesem Horizont vollauf bestätigt worden. Leider sind die neuen Fundobjekte von so schlechter Erhaltung, dass sie in keinem Fall auch nur eine andeutungsweise Bestimmung zulassen.

Trotzdem die Grabungen in Niederschönthal den eigentlichen Erwartungen, gute Ergänzungsstücke zu den bereits vorhandenen Dinosaurierknochen aus den *Zancledon-*

[1] A. Oppel u. E. Suess: Ueber die mutmasslichen Aequivalente der Kössenerschichten, p. 7. *Sitzungsb. d. k. Acad. d. Wissensch. Wien*, 1856.

Digitized by Google

mergeln zu erhalten, nicht im Geringsten entsprochen haben, bedeutet doch die Ausbeute des Rhätbonebeds eine schätzenswerte Bereicherung der wirbeltierpalæontologischen Sammlung des naturhistorischen Museums in Basel. Die Bloslegung der Keuper-Liasschichten hat einen nicht zu verkennenden Beitrag zur Kenntnis der Stratigraphie der nordschweizerischen Sedimente geliefert.

Zofingen, 6. August 1901.

Der Serpentin am Geisspfad (Oberwallis).

Von Heinrich Preiswerk (Basel).

Im Sommer und Winter 1900 führte ich eine eingehendere Untersuchung der Serpentinmasse am Geisspfadpass im Oberwallis aus. Die vorläufigen Resultate mögen hier in Kurzem mitgeteilt werden.

Die *Verbreitung* des Serpentins ist nach meinen Aufnahmen eine bedeutend grössere, als auf Blatt XVIII der geologischen Dufourkarte verzeichnet ist. Während die längere Axe des Vorkommens dort zu etwa 2,5 Km. angegeben ist, beträgt sie in Wirklichkeit über 5 Km. Annähernd findet sich die richtige Ausdehnung nach den Aufnahmen von C. Schmidt übrigens schon auf der geologischen Uebersichtskarte der Schweiz in 1 : 500,000 eingetragen.

Für die Auffassung der *Lagerungsverhältnisse* wichtig sind namentlich eine Anzahl von Aufschlüssen, die auf der Südseite des Serpentinmassifs aufgefunden wurden. Dieselben zeigen nämlich, dass die Hauptserpentinmasse gegen Südwesten hin sich verjüngend in einem relativ wenig mächtigen Serpentinlager, das den Ost- und Südabhang des Cherbadung in flacher Lagerung durchschneidet, ihre Fortsetzung findet. Dadurch erscheint der Serpentin dem Nebengestein nicht muldenförmig aufgelagert, wie bisher angenommen worden ist, sondern zum Teil wenigstens konkordant eingelagert.

Soviel ich bis jetzt konstatieren konnte, tritt nur Gneiss mit dem Serpentin in Contakt.

Digitized by Google

Petrographisch verdienen besonderes Interesse gewisse Gesteine vom Nordabhang des Rothhorngrates. Dieselben sind, fast genau im Centrum des Serpentinmassivs gelegen, von der Serpentinisierung fast gänzlich unberührt geblieben. Sie bestehen wesentlich aus Olivin mit wenig chromhaltigem Magnetit ; bisweilen gesellt sich monokliner Pyroxen in geringen Mengen bei. Das Centrum der Geisspfadserpentinmasse besteht demnach aus Dunit. Dass dieser Dunit als das Muttergestein des grössten Teils der umgebenden Serpentingesteine aufzufassen ist, erweisen zahllose Uebergangstypen vom Olivinfels zum reinen Serpentinaggregat.

Etwas andere Zusammensetzung zeigte wohl ursprünglich das Gestein in gewissen peripher gelegenen Teilen. Es geht dies aus den oft recht zahlreichen Resten von Diallag hervor, die im extremen Fall unter Ausschluss der andern Gemengteile eigentliche Diallagite bilden. Chemisch giebt sich diese Differenzierung des Magmas so zu erkennen, dass die mehr randlichen Gesteine durchweg etwas höherm Gehalt an Calcium und Aluminium, geringern an Magnesium aufweisen als die Gesteine vom Rothorngrat.

Der Dunit und seine diallagreichere Randfacies unterliegen einer Reihe von Umwandlungen mineralogischer und rein mechanischer Art. Vorwiegend dadurch wird jener auffallende Wechsel im Aussehen der Gesteine bedingt, den man beim Durchqueren des Serpentinmassivs gewahr wird.

Am ausgedehntesten ist die Umwandlung in Serpentin. Dabei entstehen nie die gewohnten Maschenstrukturen. Der Olivin und in manchen Fällen auch der Pyroxen verwandeln sich vielmehr direkt in meist scharfbegrenzte Platten von Antigorit[1]. Im Felde erkennt man die fortschreitende Serpentinisierung am allmäligen Uebergang der olivengrün bis grau gefärbten Typen in grasgrüne, wie man dies beim Fortschreiten vom Centrum zur Peripherie der Serpentinmasse beobachten kann.

Ein selten fehlendes Umwandlungsprodukt ist Tremolit, der sich in allen Stadien der Metamorphose zu bilden scheint.

[1] Höchst wahrscheinlich ist der Name « Antigorit » von Schweizer für Vorkommnisse gegeben worden, die zum Geisspfadserpentin gehören.

Digitized by Google

Weit verbreitet ist auch eine räthselhafte, von L. Duparc[1] unter dem Namen *matière colloïde* signalisierte isotrope Substanz, die oft auffällige dunkle Flecken im Gestein bildet. Der Art ihres Auftretens und ihren Eigenschaften nach möchte ich sie als ein Zwischenglied zwischen Serpentin und Chlorit oder als ein inniges Gemenge beider auffassen.

Neben der mineralischen Umwandlung her geht eine sehr intensive, rein mechanische. Sie bringt im normalen Dunit zunächt undulöse Auslöschung des Olivin, dann Mörtelstruktur und Flaserstruktur hervor und erzeugt endlich daraus, zusammenwirkend mit der Serpentinisierung den für die Geisspfadserpentinmasse charakteristischen Blätterserpentin, der dem ganzen Gneisskontakt entlang die äusserste Hülle der Masse bildet.

Geologisches Institut der Universität Basel, 12. August 1901.

Beiträge zur Kenntnis der Flora und Fauna der Lettenkohle von Neuewelt bei Basel.

Von Dr. F. Leuthardt (Liestal).

Die Fundstelle wurde Ende der Vierzigerjahre von Prof. Peter Merian in Basel entdeckt; es sammelten dort im Jahre 1853 Oswald Heer und Escher von der Linth, später in den Siebenzigerjahren beide Greppin, Vater und Sohn, der so früh verstorbene Dr. Geigy und in letzter Zeit Pfarrer Jenny in Mönchenstein, und der Autor, so dass ein bedeutendes Material von fossilen Pflanzen in den Sammlungen liegt.

Stratigraphie. Der Aufschluss liegt im Bette und an beiden Ufern der Birs, welch letztere die ca. 45° nach Westen einfallenden und annähernd NS streichenden Schichten schief zum Streichen anschneidet. Bei günstigem Wasserstande ist

[1] L. Duparc et L. Mrazec, Note sur la serpentine de la vallée de Binnen, *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, tome XVI, N° 8, 1894.

Digitized by Google

vom Hangenden zum Liegenden flussaufwärts vorgehend folgendes Profil zu beobachten:

13. Rote Mergel, knollig brechend	?
12. Bunter, dünnschiefriger, leicht spaltender Dolomit	4m6
11. Dickplattiger, gelber Dolomit	2m00
10. Gelber Zellendolomit und Kalk und Bitterspatdrusen	6m00
9. Braunroter, leicht zerbröckelnder Dolomit .	0m20
8. Mergeliger Sandstein mit kleinen Löchern .	6m80
7. Lettenschiefer mit vielen grauen, bis handbreiten Dolomitbändern, zu unterst mit *Estheria minuta* und Bivalen	4m50
6. Zähe plastische Lettenschicht	0m10
5. **Oberer Pflanzenhorizont:** Blaugraue bis dunkle Lettenschiefer, oben schlechter, unten besser geschichtet, reich an wohlerhaltenen Pflanzenresten, unten durch ein fingerdickes Kohlenband begrenzt	1m00
4. Dünnschiefriger, kohliger Sandstein mit schlecht erhaltenen Pflanzenresten, hauptsächlich *Pecopteris Steinmülleri* . . .	11m00
3. Dickplattiger grauer, glimmeriger Sandstein mit schlecht erhaltenen Pflanzenresten und Kohlenfetzen	1m00
2. **Unterer Pflanzenhorizont:** Mehr oder weniger sandige Lettenschiefer mit wohlerhaltenen Pflanzen	20m00 ? ca.
1. Roter, grauer, dolomitischer Mergel . .	?

Die *Flora* der Lettenkohle von Neuewelt wurde in der 1877 erschienenen *Flora fossilis Helvetiae* von Oswald Heer einlässlich behandelt; das seither gesammelte Material liefert vielfache Ergänzungen, sowie auch einzelne neue Arten.

Wie aus dem Profile hervorgeht, finden sich zwei Pflanzenhorizonte: ein oberer, circa 1 Meter mächtiger und ein unterer von bedeutend grösserer Mächtigkeit. Beide sind durch eine Sandsteinzone getrennt.

Digitized by Google

Liste der Pflanzen.

	Oberer Horizont	Unterer Horizont	
Filices.			
Merianopteris (Pecopteris) augusta, Heer, in verschiedener Varietät .	+	+	häufig.
Merianopt Rütimeyeri, Heer . .	+	?	»
Pecopteris Steinmülleri, Heer . .	+	+	»
Pecopteris (Palaeogleichenia Leuth) gracilis, Heer	+	—	selten.
Pecopteris fructif. nov. sp. . . .	—	+	»
Pecopteris nov. sp. viell. Sphenopt. Birsina, Heer	+	—	sehr selten.
Danaeoptis marantacea, Pr. . .	+	?	ziemlich häufig.
Taeniopteris cfr. angustifolia, Schenk	+	—	selten.
Camptopteris serrata, Kurr . . .	+	—	sehr selten.
Clathropteris reticulata, Kurr. . .	+	?	selten.
Clathrophyllum Meriani, Heer . .	?	+	sehr selten.
Asterocarpus Meriani, Heer . .	+	+	selten.
Bernoullia heterophylla, Heer . .	+	+	»
Rhacophyllum pochyrhachis, Heer (*Incert. sed.*)	+	+	»
Equisetaceae.			
Equisetum arenaceum, Jaeger . .	+	+	sehr häufig.
» platyodon. Brgn. . .	?	+	sehr selten.
Cycadeae.			
Pterophyllum Jaegeri, Brgn. . .	+	+	sehr häufig.
» longifolium, Brgn. .	+	+	»
» brevipeune, Kurr. .	+	+	häufig.
» pulchellum, Heer. .	+	+	selten.
(?) » Greppini, Heer . .	+	?	»
(?) » Meriani, Heer . .	+	+	
Coniferae.			
Baiera furcata, Heer	+	+	sehr häufig.
Voltzia heterophylla, Schimper .	?	+	sehr selten.
Widdringtonites Keuperianus, Heer		+	»
Glumiflorae.			
Bambusium Imhoffi, Heer . . .	+	+	häufig.

Digitized by Google

Die Farne bilden an Artenzahl den Hauptbestandteil der Flora von Neuewelt. Von ungefähr der Hälfte kennen wir die sporentragenden Fiedern, welche in ihrem Baue von den sterilen verschieden sind und ihre Träger im System zu den tropischen Gleicheniaceen, Marattiaceen und Cyatheaceen verweisen.

Pecopteris gracilis, Heer, hat sich durch ihre äusserst schön erhaltenen Sporangien als eine ächte Gleichenie herausgestellt, wir schlagen deshalb für sie den Genusnamen *Palaeo gleichenia* vor.

Die beiden wichtigsten Filices sind *Merianopteris augusta*, Heer, und *Merianopteris Rütimeyeri*, Heer, beide durch die Form ihrer Segmente und die Verzweigung der Blattspindel wohl unterschieden; sie gehörten wahrscheinlich zu den Baumfarnen.

Nebst dem überaus häufigen *Equisetum arenaceum*, Jaeger, bilden die Pterophyllen die Charakterpflanzen der Lettenkohle. Bei dem reichen, zur Verfügung stehenden Material ist es schwer, die drei Formen *Pt. Jaegeri*, *Pt. longifolium* und *Pt. brevipeune* scharf abzutrennen.

Ich glaube, in dezimeterlangen, zapfenartigen Gebilden die männlichen Blütenzapfen der Pterophyllen gefunden zu haben.

Von den drei Coniferenarten ist die höchst sonderbare, mehrfach dichotom verzweigte Nadeln oder Blätter tragende *Baiere furcata* ungemein häufig. Eigentümlich dreiteilig gabelige Gebilde, die zu ährenartigen Blütenstauden beisammen stehen, betrachte ich als die ♂ Blüten von Baiera.

Tierreste.

Von Tierresten fehlt in den Pflanzenschichten fast jede Spur. Unmittelbar über dem oberen Pflanzenhorizont liegt in einem thonigen Dolomit folgende kleine Fauna:

Anoplophora cfr. lettica, quenst.
Lucina Schmidi Glinitz.
Mytilus sp., junge und alte Exemplare, vielleicht zwei verschiedene Arten.
Estheria minuta, Goldf.
Gyrolepis cfr. tenuistriatus.

Die Schalen der Mollusken sind vollständig entkalkt.

Digitized by Google

Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen in den Porphyrgebieten zwischen Luganer-See und Val-Sesia.

Von Max Kæch (Basel).

Während für das Gebiet von Lugano petrographische Untersuchungen der porphyrischen Gesteine seit mehr als zwanzig Jahren vorliegen, fehlen solche für die Gegend zwischen Lago Maggiore und Val Sesia fast ganz. Artini und Chelussi untersuchten zwar einige von Parona gesammelten Handstücke, aber eine zusammenhängende geologisch-petrographische Durchforschung des Gebietes steht noch aus. Bei Gelegenheit von Uebersichtsaufnahmen fand Herr Professor C. Schmidt auch westlich des Lago Maggiore wie bei Lugano inmitten von Porphyren Porphyrite, welche auf der geologischen Karte von Gerlach noch nicht verzeichnet sind. Auf seine Anregung habe ich die geologisch-petrographische Untersuchung des genannten Gebietes durchgeführt und teile hier einige der hauptsächlichsten Ergebnisse meiner Arbeit mit[1].

Im Liegenden von triadischen Sedimenten bilden hier die Porphyre das Hangende von steilgestellten *krystallinen Schiefern*. Die wenigen Schollen der hangenden *mesozoischen Bildungen*, die in unserem Gebiet noch erhalten sind (Arona-Angera, Invorio superiore, Gozzano, Monte-Fenera) bilden die westlichen Grenzsteine der östlich des Langen-Sees so mächtig entwickelten südlichen Kalkzone der Ostalpen. Westlich des Val-Sesia tritt das krystalline Grundgebirge direkt an die Poebene heran.

Die grossen Thalrinnen, besonders die Thäler des Lago d'Orta und der Sesia, bieten eine grosse Zahl klassischer *Pliocænfundpunkte*.

Das Südende des Orta-Sees und das des Langen Sees werden umrahmt von prachtvollen *Moränenwällen*. *Aeltere glaciale Schotter* liegen überall auf den Höhen.

[1] Für die Details verweise ich auf meine demnächst erscheinende, von einer geologischen Karte in 1 : 100,000 und Profilen begleiteten ausführliche Arbeit.

Digitized by Google

Was die *porphyrischen Gesteine* anbetrifft, so zeigt sich gegenüber dem Gebiet von Lugano ein Unterschied darin, dass die ältere Gruppe derselben, die *Porphyrite*, hier nicht in der grossen Mächtigkeit zu Tage tritt, wie dort; sie finden sich nur an wenigen Stellen, in den tiefsten Thalrinnen aufgeschlossen. Es sind mehr oder weniger dichte Gesteine von schwarzer, brauner oder grünlicher Farbe. Im Gegensatz zu den Luganeser Porphyriten erweisen sich unsere Gesteine durchweg als frei von Quarzeinsprenglingen. Als Einsprenglinge treten nur auf Leistchen von Feldspath und grüne Flecken oder Pseudomorphosen von Eisenerz nach einem zersetzten basischen Gemengteil; dieser erwies sich unter dem Mikroskop meist als zersetzter Augit. Die Grundmasse zeigt in ihrer Struktur nicht selten trachytoiden Habitus, indem die Feldspathleistchen bei meist geringem Basisgehalt sich schön fluidal anordnen; andere Vorkommen nähern sich der pilotaxitischen Ausbildung der Grundmasse; einzelne dichte, schwarze Gesteine endlich gehören dem hyalopilitischen Typus an.

Die Porphyrite werden überlagert von *porphyritischen Breccien* und *Conglomeraten*, die nach oben oft in *porphyritischen Sandstein* übergehen.

In besonders schöner Entwicklung treten in unserem Gebiet mit den Quarzporphyren verknüpfte *Tuffe und tufföse Breccien* auf. Die Tuffe sind zum Teil dicht, felsitisch ausgebildet, zum Teil gehen sie durch reichlichen Gehalt an Einsprenglingen und Krystallbruchstücken von Quarz, Feldspath, und Biotit in Krystalltuffe über; zahlreiche der untersuchten Proben weisen ferner prachtvolle Aschenstruktur auf. Besonders schön zeigt diese Struktur fast immer das Cement der porphyrischen Breccien; rundliche oder eckige Stücke sehr verschiedenartig struirter Porphyre werden von einem, typische Aschenstruktur aufweisenden Bindemittel verkittet. Hier wie in dem von Sauer beschriebenen Vorkommen aus dem Porphyrgebiet von Meissen dürften die gerundeten oder rundlich-eckigen, immer glatte Oberfläche aufweisenden Porphyrbrocken als Lapilli zu deuten sein.

Die *Quarzporphyre* selbst zeigen eine grosse Manigfaltigkeit in ihrer Ausbildung. Ich möchte hier nur einige der hervorragendsten Typen ganz kurz charakterisieren.

Vorausschickend bemerke ich, dass die einzelnen Porphyrvorkommen des Gebietes, obwohl ursprünglich jedenfalls viel weiter ausgedehnt und zum Teil mit einander in Be-

Digitized by Google

rührung stehend, doch wahrscheinlich einer Anzahl von Eruptionscentren ihre Entstehung verdanken und nicht etwa einer einzigen Decke angehören. Dies geht unzweifelhaft aus dem Studium der Strukturmodifikationen der einzelnen Porphyrareale hervor.

In der östlichsten Decke, derjenigen von Arona-Angera am Südende des Lago Maggiore, tritt an der Seestrasse Arona-Meina die vollkrystallinste Varietät dieser Decke auf. Es ist dies ein typischer Granophyr von ziegelroter Farbe mit zahlreichen bis 5 Millimeter grossen Quarzeinsprenglingen, Leistchen von Feldspath und zwar überwiegend Orthoklas und zersetztem grünem Glimmer. Weiter im Norden und Westen der Decke tritt Quarz als Einsprengling zurück, der Feldspath wird basischer und an Stelle von Biotit tritt, allerdings nicht sehr häufig, zersetzter Augit. Die Gesteine werden zugleich dichter, felsitisch, nehmen braune Farbe an und zeigen oft schon makroskopisch schöne Fluidalstriemung. U. d. Micr. erweisen sie sich als typisch fluidal struierte Felsophyre mit dunkler pigmentierten, der Fluidalrichtung parallel eingeschalteten Linsen und Schlieren, die zum grössten Teil aus Sphäriten aufgebaut sind. Es entsprechen diese Gesteine durchaus den braunen Porphyren von Lugano, die von Michel-Levy als einer besondern Eruption angehörig betrachtet wurden und von denen Harada nachwies, dass sie als Randfacies des roten Porphyrs aufzufassen sind. In unserem Fall geht die Differentiation noch weiter. Hauptsächlich gegen Norden an der Grenze gegen den Glimmerschiefer erscheinen dichte braun-violette Gesteine mit flachmuschligem Bruch, die zuweilen auch noch Fluidalstriemung erkennen lassen. Dieselben sind strukturell als stark zersetzte Vitrophyre zu erkennen. In der zu einem grossen Teil in ein feinkrystallines Aggregat umgewandelten Grundmasse, die meist auch noch die ursprüngliche fluidale Struktur durch die Anordnung des Eisenpigments zu erkennen gibt, lassen sich oft noch unzersetzte Glassträhnen wahrnehmen. Quarz als Einsprengling fehlt meist ganz; der Plagioklas ist der einzige Feldspathgemengteil und zwar gehören die stark zersetzten und meist von Calcit erfüllten Einsprenglinge Mischungen von saurem Oligoklas bis Labrador an. Als basischer Gemengteil finden sich nur Maschennetze von Magnetit mit Calcit oder Serpentin als Pseudomorphosen nach wahrscheinlich Hornblende. Die grössere Basicität des Gesteins ergibt sich auch aus der chemischen Analyse (67 % SiO_2, 3 % CaO und 7 % Alkalien

Digitized by Google

gegenüber 77 % SiO_2, ½—3 % CaO und 4—5 % Alkalien im Granophyr von der Seestrasse). Das Endglied ist hier als quarzfreier Porphyr zu bezeichnen. Die Aenderung von der Mitte der Quarzporphyrdecke nach der Peripherie ist also nicht nur eine strukturelle, sondern es findet auch stoffliche Differentiation statt: die Randfacies ist basischer als die Mitte des Ergusses.

Aehnliche Verhältnisse, zum Teil etwas weniger weitgehend und weniger übersichtlich, finden sich wieder bei den andern Decken. Hier möchte ich noch einen Typus von Porphyr erwähnen, der im Nespolotobel nördlich Grignasco (Val-Sesia) ansteht und der nach Habitus und mineralogischer Zusammensetzung am ehesten den Keratophyren zuzuteilen ist; die chemische Analyse, die 4,69 % Na_2O neben 4,24 % K_2O und nur Spuren von CaO ergiebt, weist in der Tat auf ein Gestein hin, das den typischen Keratophyren sehr nahe kommt. Bemerkenswert ist das, allerdings mehr accessorische Auftreten, von brauner, zonargebauter Hornblende neben chloritisiertem Biotit in einem zum Teil mikropoikilitisch, zum Teil granophyrisch struierten Gestein dieses Vorkommens.

Neben den deckenartigen Ergüssen tritt der Porphyr auch noch in Gängen im Glimmerschiefer auf. An Mächtigkeit das bedeutendste Vorkommen dieser Art ist dasjenige von Orta. Südlich davon finden sich im Vinathal noch zwei kleinere Gänge, die sehr interessante Verhältnisse darbieten, auf die ich hier kurz noch eingehen möchte. Der nördlichere der beiden Gänge besteht in der Hauptmasse aus typischem Granophyr, die beidseitigen Saalbänder werden von einem wenig porphyrisch ausgebildeten, sehr feinkörnigen, grünlichgrauem Gestein gebildet, das am besten mit den Gangmelaphyren Bückings zu vergleichen ist. Seiner Zusammensetzung nach ist es als Quarz-Hornblende-Dioritporphyrit mit ophitischer Struktur der Grundmasse zu bezeichnen.

Der zweite, kleinere Gang führt in der Mitte schön mikropoikilitisch struierten Quarzporphyr, am Saalband ebenfalls zersetzten Dioritporphyrit. Die Grenze zwischen den beiden Gesteinen scheint eine scharfe zu sein. Wir haben ohne Zweifel *gemischte Gänge* vor uns und ist es meines Wissens das erste Mal, dass, mit Ausnahme der Gegend von Predazzo, solche aus dem Gebiet der Alpen bekannt gemacht werden. Ich erwähne noch, dass ähnliche Gesteine wie das der Saalbänder der beiden Gänge im

Digitized by Google

Vinathal auch anderweitig als selbständige Gänge in der Schieferhülle des Granitstockes von Baveno vorkommen.

Ein Vorkommen, das zu ähnlicher Deutung Anlass geben könnte, wie das der Gänge im Vinatobel findet sich endlich ausserhalb meines eigentlichen Untersuchungsgebietes in der Gegend von Lugano. An der Strasse, die von Melano nach Rovio führt, steht kurz vor Ueberschreiten des Sovagliabaches roter Porphyr an. Derselbe wurde bis dahin immer als einem einzigen Gange zugehörig aufgefasst und kartiert. Am Saalband des roten Porphyrs, direkt an der Brücke steht ein äusserst dichtes, dunkelgrau oder dunkelbraun gefärbtes flachmuschelig bis splittrig brechendes Gestein an, das kaum eine Spur von porphyrischer Struktur verrät. In derselben Ausbildung tritt dieses schwarze Gestein scheinbar mehrmals innerhalb des roten Porphyrs auf; so viel ich beobachten konnte, bildet es von der Brücke weg bis an die Waldecke, wo der Weg von Melano an den Hügel herantritt (vergl. Blatt 513 des schweiz. topogr. Atlas) drei Mal Einlagerungen von ca. 5—20 Meter Mächtigkeit, wobei es jeweils eine 8—30 Meter mächtige Lage von rotem Porphyr zwischen sich lässt. Beim Studium des einzigen Querschnittes an der Strasse könnte man geneigt sein, das ganze Vorkommen wiederum als gemischten Gang aufzufassen. Diese Ansicht findet eine Stütze in dem auf den ersten Blick fremdartigen und in seinem Habitus von dem umgebenden Porphyrit bedeutend abweichenden schwarzen Gestein, mit dem der rote Porphyr hier in Contakt tritt.

Da ein Besuch im Frühjahr 1900 wegen des hohen Wasserstandes des Sovagliabaches ein Verfolgen des roten Porphyrs im Streichen nicht gestattete und mir damals nur wenig Zeit zur Verfügung stand, suchte ich die Lokalität, die mir auch aus weiter unten ausgeführten Gründen von historischem Interesse erschien, in den letzten Tagen des August noch einmal auf. Bei genauerer Untersuchung ergaben sich dabei verschiedene Indizien, die gegen die oben angedeutete Auffassung sprechen. Wie an der einten Einlagerung von rotem Porphyr genau studiert werden konnte, verdichtet sich das rote Gestein, das zum grössten Teil als typischer Granophyr entwickelt ist, gegen das schwarze Gestein hin, und nimmt am unmittelbaren Contakt Fluidalstruktur an. Die Grenze der beiden Gesteine ist eine ganz scharfe. Der rote Porphyr ist also jedenfalls jünger als das schwarze Gestein. Ferner scheinen am Saalband der am weitesten nach NE. liegenden Granophyreinlagerung, Uebergänge zwischen dem hier

Digitized by Google

dunkelchocoladebraunen dichten Nebengestein und dem normalen Porphyrit, der kleine Einsprenglinge von Feldspath und zersetzter Hornblende enthält, vorzukommen. Es liegt also kein Grund vor, das dichte schwarze Gestein auch als Ganggestein aufzufassen, sondern es gehört höchst wahrscheinlich der Porphyriteruption an und dürfte eine besondere Facies, vielleicht Randfacies, des umgebenden Porphyritergusses vorstellen. Die Resultate der mikroskopischen Un-Untersuchung sprechen zum mindesten nicht gegen diese Auffassung.

Genauere Untersuchung der Gesteine mir noch vorbehaltend, möchte ich doch vorläufig zusammenfassend die Ansicht aussprechen, dass in dem sogenannten ersten Gang von Rovio kein einheitlicher Gang vorliegt, sondern dass der Granophyr hier in mehreren, mindestens vier, dicht bei einander gelegenen, nicht sehr mächtigen Gängen den Porphyrit durchbrichtt welch letzterer hier in einer besonders dichten Art der Ausbildung vorliegt, die ihn vielleicht als Randfacies der umgebenden Porphyritdecke auffassen lassen.

Ich habe in obiger Auseinandersetzung die Lokalität etwas ausführlicher geschildert, weil sie, wie ich schon oben angedeutet habe, in der Geschichte der Erkenntnis der Eruptionsfolge im Luganeser Gebiet von gewisser Bedeutung ist.

Leopold von Buch[1] glaubte schon 1825 beobachtet zu haben, dass im Roviobach schwarzer Porphyr gangbildend im roten auftritt. Girard und Brunner meinten noch 25 Jahre später diese Beobachtung von Buch bestätigen zu können, obwohl schon im Jahre 1883 B. Studer[2] bei Melano und Maroggia Gänge von rotem Porphyr in schwarzem nachgewiesen hatte.

Girard[3] beschreibt genau das viermalige Auftreten von schwarzem Porphyr in und neben dem roten und sagt ferner: « Beide Gesteine schneiden völlig scharf gegen einander ab. Ich habe Handstücke, in denen die Grenze haarscharf ist.

[1] L. von Buch. Ueber einige geognostische Erscheinungen in der Umgebung des Luganer-Sees in der Schweiz. — *Abhandl. der k. preussischen Akademie der Wissenschaften*, Bd. V. 1827, pag. 4 du S.-A

[2] B. Studer. Nouvelles recherches sur le canton du Tessin et la Valteline. *Bulletin de la Société géologique de France.* T. IV. 1833, pag. 54.

[3] H. Girard. Briefliche Mitteilung an Prof. Bram. — Leonhard & Bronn. Jahrb. 1851, pag. 336.

Digitized by Google

Dabei ist der rote Porphyr in der Nähe der Grenze nicht verändert, der Melaphyr dagegen meist sehr zerklüftet und zersetzt und darin liegt recht eigentlich der Beweis für das spätere Eindringen des Melaphyrs. »

BRUNNER[1] giebt an, dass der rote und der schwarze Porphyr sich hier gegenseitig durchdringen und plaidiert für Gleichaltrigkeit der beiden Gesteine.

Ihre volle Bestätigung fand die Studer'sche Ansicht von dem höhern Alter des Porphyrs durch die einlässlichen Untersuchungen von HARADA[2]. Dieser Autor geht nicht weiter auf die Beobachtungen von v. Buch, Girard und Brunner ein; er sagt darüber nur pag. 44: « Bei der Untersuchung der Gänge von Rovio und Maroggia scheint eine vorgefasste Meinung das scharfe Auge von Buch's umnebelt und die Flüchtigkeit der Beobachtung Brunner und Girard irre geleitet zu haben. » Harada scheint auch das Auftreten des dichten schwarzen Porphyrs innerhalb des roten an der besprochenen Lokalität nicht bemerkt zu haben. Er zeichnet hier nur einen mächtigen Gang von Quarzporphyr ein.

Mir schien es nicht ohne Interesse, eine Erscheinung, die einen Leopold von Buch derartig irreleiten konnte, näher zu verfolgen und ihre Aufklärung zu versuchen. Ich habe mich dieser Aufgabe um so lieber unterzogen, als das Tobel des Sovagliabaches auch sonst noch verschiedene, für die Geologie der Gegend wichtige Beobachtungen zu machen gestattet, auf die einzugehen sich vielleicht später noch Gelegenheit findet.

Mineralogisch-geologisches Institut der Universität Basel, September 1901.

[1] C. BRUNNER. Aperçu géologique des environs du lac de Lugano. Schweiz. Denkschriften. 1852, pag. 11.

[2] T. HARADA. Das Luganer Eruptivgebiet. *Neues Jahrbuch*, Beil. Bd. II. 1882.

Digitized by Google

Ein Beitrag zur Petrographie der Massailänder (Aeq.-Ostafrika).

Von Dr E. KÜNZLI.

Ein neuer schweizerischer Afrikareisender, Herr ALFRED KAISER aus Arbon — von Herrn Schöller zur Begleitung engagiert, um seine Durchquerung der Massailänder (Juni 1896-April 1897) auch naturwissenschaftlich wertvoll zu machen — hat neben dem eifrigen Studium der Pflanzen- und Tierwelt sich auch noch um das Schlagen und Sammeln einer Gesteinssuite bemüht und dieselbe Herrn Professor GRUBENMANN in Zürich zu Handen seines Instituts übergeben. Die Bestimmung der Fundstücke (siehe für die Einzelheiten: E. KÜNZLI, *Die petrographische Ausbeute der Schöllerschen Expedition in Aequatorial-Ostafrika*, Vierteljahrsschrift der Zürcher Naturforschenden Gesellschaft, Jahrgang XLVI, 1901, Seite 128) ergab hauptsächlich drei Gesteinsgruppen: 1. Krystalline Schiefer mit alten Eruptivstöcken und -Gängen. 2. Foyaitisch-theralithische Ergussgesteine (phonolithoide Trachyte, Phonolithe, Nephelinite). 3. Gabbroide bis peridotitische Laven (Basalte, Melaphyre, Pikritporphyrite, Limburgite). Die zweite Serie, offenbar auffallend breit und reich entwickelt, ist die interessanteste, weil sie einige bis jetzt nicht häufig gefundene Typen aufweist: Riebeckit- und Cossyrittrachyte. Aber es ist doch durch die zahlreichen bisherigen Arbeiten (von MÜGGE, HYLAND, TENNE, ROSIWAL, etc.) über Aequatorial-Ostafrika kein Gesteinstypus grösseren Umfangs bekannt geworden, der nicht auch schon in den alten Kulturländern, wenn auch zum Teil nur spärlich, angetroffen worden wäre, was von neuem auf den grossen Gegensatz hinweist zwischen der von aussen durch die Sonne bewirkten Zonarstruktur der Biosphäre und der gewissermassen einheitlichen, unberechenbaren Stoffmischung des Felsgerüstes der Erde.

Digitized by Google

Die geologischen Umgebungen des Iseo-Sees in Oberitalien.

Von A. BALTZER (Bern).

Nachdem ich früher über das typische interglaciale Profil von Pianico und den damals neuen Fundpunkt interglacialer Pflanzen von Sellere berichtete, habe ich den Iseosee in Oberitalien noch mehrfach besucht und meine Studien auf sämtliche Formationen ausgedehnt.

Ausser der relativen Vollständigkeit der Sedimentserie, die Vertreter fast aller Systeme aufweist, zog mich an die Tektonik einerseits und andererseits das Problem der Entstehung der oberitalienischen Seen.

Ich habe in der Gegend des Iseosees, 10 Km. weit, eine nach Süd übergelegte, randliche NW. SO. streichende Faltungszone verfolgt, die von den früheren Beobachtern, wie HAUER, BITTNER, nur unvollständig untersucht wurde und welche ein Aequivalent der Ueberschiebungszone zu sein scheint, die uns GÜMBEL, BENECKE, PHILIPPI, SCHMIDT und BECKER auf der Linie Alta Brianza, Grigna bis zum Resegone geschildert haben. Jene Falte habe ich in 1 : 25 000 kartiert. Neu ist, dass dieselbe an mehreren Stellen durch einen Schub in entgegengesetzter Richtung, der ein SW-NE. verlaufendes Faltensystem erzeugte, eingebogen ist.

Im weiteren kam ich schon vor Jahren einer grossartigen Ueberschiebung auf die Spur, die zwischen dem unteren Camonicathal und dem Idrosee Platz greift und thatsächlich einen Flächenraum von mindestens einer schweizerischen Quadratstunde einnimmt. Sericitische Gneisse, denen des Luganer Gebietes zum Verwechseln ähnlich, nebst Glimmerquarziten und Sericitschiefern sind über Rauhwacke, Servino und besonders Sandsteine der unteren Trias, Conglomerate und Sandsteine des Perm, derartig von Nord nach Süd hinübergeschoben, dass bei einer Breite der Zone von 15 Kilometer die Ueberlagerung $^1/_2$—5 Km. ausmacht.

In der mir zugänglichen Litteratur fand sich hierüber nirgends eine Beschreibung oder Erwähnung, wiewohl die Kar-

Digitized by Google

ten von CURIONI und TARAMELLI die Möglichkeit ihrer Existenz schon hervortreten lassen; es scheint, dass sie bisher nicht erkannt, jedenfalls nicht nachgewiesen und im einzelnen verfolgt wurde.

Ob Bruch- oder Faltenüberschiebung vorliegt, konnte ich noch nicht endgültig entscheiden, wahrscheinlicher ist mir das erstere.

Auf der Südseite der Alpen ist meines Wissens eine von Nord nach Süd gerichtete Ueberschiebung von solchem Betrag noch nicht bekannt geworden und scheint auch mit der Theorie vom einseitigen Schub weniger in Einklang zu stehen. Bei näherem Zusehen begreift man aber leicht, warum gerade hier eine solche Tektonik Platz greifen konnte.

Das Granitmassiv des Adamello mit seinem Vorposten Frerone liegt unmittelbar nördlich der Ueberschiebungsregion. Sie bildeten wohl das stauende Hindernis, welches bewirkte, dass auf schiefer Bruchebene die Gneiss-Sandstein-Schiefer-Scholle auf Perm und Trias hinaufgeschoben wurde.

In einer demnächst erscheinenden Arbeit mit Karte und Profilen werde ich die geologischen Verhältnisse des Iseoseegebietes eingehend behandeln.

Was die Bildung des Iseosees anbelangt, so handelt es sich hier um ein Felsbecken und keinen Moränenabdämmungssee. Auch ein Spaltensee liegt nicht vor; desgleichen ist Eiskolk als Hauptursache auszuschliessen.

Der See ist als altes, modifiziertes Flussthal anzusehen. Redner liefert den Nachweis, dass an den seitlichen Gehängen rückläufige Terrassen und Moränen existieren, deren Einbiegung regional dem tiefen Seetrog entspricht. Daraus resultirt, dass letzterer durch eine Senkung jungglacialen und postglacialen Alters entstanden ist, deren Anfang aber vielleicht schon in die ältere pleistocäne Zeit zurückreicht.

Die ausführliche Arbeit, mit einer geologischen Karte, fünf Tafeln und Textillustrationen, wird in den geologischen und paläontologischen Abhandlungen von E. KOKEN (Jena bei G. Fischer) erscheinen.

Digitized by Google

Wulfenit aus der Mine Collioux bei St. Luc im Val d'Anniviers (Wallis).

Von C. SCHMIDT (Basel).

Beiderseits des Weges, der von St. Luc nach Chandolin im Val d'Annivier führt, finden sich einige alte Erzbaue, die in der Litteratur mehrfach erwähnt werden, so von BRAUNS, H. GIRARD, A. OSSENT und H. GERLACH[1]. Gegenwärtig sind hier vier alte Gruben zum Teil leicht zugänglich, nämlich: Collioux und Gaussan oberhalb, La Barma und Termino unterhalb des genannten Weges.

H. GERLACH beschreibt die Minen von Collioux (Fusey oder Fusette), Gaussan (Gosan) und Barma.

Die Erze sind an Quarzitbänke gebunden, deren Maximalmächtigkeit $1^1/_2$ Meter beträgt. Diese Bänke sind *chloritischen Gneissen* immer konkordant eingelagert. Das Streichen der Gneisse nördlich von St. Luc ist im Allgemeinen SW-NE, das Einfallen derselben beträgt 20°—40° und ist bald südwärts, bald nordwärts gerichtet. Die Quarzbänke enthalten *Fahlerz*, *Bleiglanz*, *Zinkblende* und *Kupferkies* eingesprengt in Trümern und wenig aushaltenden Linsen von circa 5 Cm. mittlerer Mächtigkeit. Von der Mine Barma ist durch BRAUNS ein Fahlerz mit 5,5 % Wismuth, der *Annivit* bekannt gemacht worden. Besonderes Interesse verdient ferner die Mine Collioux, indem ich in derselben diesen Sommer Wulfenit in grosser Verbreitung vorfand.

Die Lagerstätte Collioux ist durch eine Gallerie von etwas über 50 Meter Länge angefahren. Die chloritischen Gneisse streichen hier N 15° E und fallen 25° SE. Die Haupt-

[1] Vergl. BRAUNS. Ueber ein eigentümliches Fahlerz aus dem Einfischthale im Wallis. *Mitteil. der naturf. Gesellschaft in Bern.* Nr. 317. 1854.
H. GIRARD. Geologische Wanderungen. Halle 1855, pag. 58 u. f.
A. OSSENT. Ueber die Erzlagerstätten im Anniviersthal, etc. *Berg- und Hüttenmännische Zeitung von B. Kerl und F. Wimmer.* Jahrgang XXXII.
H. GERLACH. Die Bergwerke des Kantons Wallis. 1859. — *Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz.* Lief. 27, pag. 67-69.

Digitized by Google

galerie verläuft senkrecht zur Streichrichtung der Gneisse und senkt sich in der Fallrichtung mit einer 1—1½ Meter mächtigen Quarzitbank bergwärts. Durch mehrere Seitenörter ist diese Quarzitbank in der Streichrichtung angehauen. Namentlich gegen das Hangende erscheint dieselbe hier scharf vom Gneiss geschieden und das Saalband ist mit Malachit imprägniert. Im Quarz eingeschlossen finden sich Nieren von feinkörnigem *Bleiglanz*, der etwas *Zinkblende* und *Kupferkies* eingesprengt enthält; nach GERLACH soll auch *Fahlerz* vorhanden sein.

Mancherorts im Stollen ist das Ausgehende der Quarzbank bekleidet von *Wulfenit*. Derselbe bildet wachsgelbe, diamantglänzende quadratische Täfelchen, deren Kantenlänge 1—3 Millimeter beträgt. Die Kryställchen sitzen entweder einzeln dem Quarzit auf, oder sie bilden in der Nähe der Bleiglanznieren und auf denselben selbst krustenartige Ueberzüge. Die Blättchen geben im convergenten polarisierten Licht das normale Interferenzbild sehr stark doppelbrechender, optisch einaxiger Mineralien. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Die chemischen Reaktionen des Minerales sind diejenigen des Wulfenites.

Nach goniometrischer Messung sind die Wulfenitkrystalle Kombinationen lediglich von (001) oP und (111) P. Der gemessene Winkel von (111) : (001) beträgt 65° 50′ — [(111) : (001) = 65° 51′, berechnet aus dem Axenverhältniss a : c = 1 : 1,5771 — DANA, *Descriptive Mineralogie, 1894, p. 989.*]

Viel seltener als Wulfenit findet sich, ebenfalls als Neubildung, auch *Cerussit* in Form büscheliger Aggregate dünner, prismatischer Kryställchen.

Wulfenit ist nach KENNGOTT bis jetzt in der Schweiz als grosse Seltenheit nur im Grieserntha l (Uri) auf einem Bleiglanzkrystall gefunden worden.

Besonders auffallend ist es, dass das hier beschriebene, sehr reichliche, in der Mine kaum zu übersehende Vorkommen von *Wulfenit* von den Autoren, die vor 50 Jahren die Gruben bei St. Luc eingehend untersucht haben, nicht erwähnt wird. Es dürfte desshalb vielleicht die Vermutung nicht ganz ungerechtfertigt erscheinen, dass es sich hier um *eine ganz recente Neubildung* handelt.

Mineralogisch-geolog. Institut d. Universität Basel, September 1901.

Digitized by Google

COMPTE-RENDU

de la

VINGTIÈME RÉUNION ANNUELLE

DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE

le 6 août 1901, à Zofingen (Argovie).

A

RAPPORT ANNUEL DU COMITÉ

sur l'exercice 1900-1901.

Mesieurs et chers confrères,

Votre comité a tenu sa quarante-neuvième séance le 22 avril 1901 à Berne, et sa cinquantième hier à Zofingen, pour l'adoption de ce rapport.

Voici le résumé habituel de notre activité sociale.

Personnel. — Aucun décès de membre n'est parvenu à notre connaissance, mais nous avons cinq démissions à enregistrer : MM. WULFING, WELLAUER, LANZ, FERRI et l'*Institut Mineral.-géologique de Tubingen.*

D'autre part nous pouvons vous annoncer 17 nouvelles adhésions, dont les dix premières ont pu encore être insérées dans la nouvelle liste des membres, parue en novembre dernier dans le N° 6 des *Eclogæ.*

Les 7 adhésions reçues dès lors sont les suivantes dans leur ordre d'inscription :

MM. PAULKE, Dr W., 3 Walderseestrasse, Freiburg i/Brisgau.
Société fribourgeoise des sciences naturelles.
HELBLING, Robert, Bergingr, Geol. Instit., Basel.
TRŒSCH, Alfred, Stud. phil. Univ. Bern.
TSCHUDY, Robert, Geol. Instit., Basel.
DOLLFUS, Gustave, 45 rue Chabrol, Paris.
MACHACEK, Dr Fritz, 9 Feldgasse, Mödling bei Wien.

Digitized by Google

D'après la liste de novembre 1900, l'effectif de la Société était de 240 membres. En tenant compte des 5 démissions sus-mentionnées, et de ces 7 dernières adhésions, cet effectif atteint maintenant 242 membres, dont 89 hors de Suisse.

Comptabilité. — Voici le résumé de nos comptes, soumis par le caissier M. le prof. MÜHLBERG à MM. les contrôleurs :

Recettes.

8	cotisations arriérées	Fr.	40	—
216	» 1900-1901 (d^{t} soldes)	»	1071	85
8	» anticipées	»	40	—
1	» à vie	»	100	—
14	finances d'entrée	»	70	—
	Ventes de publications (*Eclogæ*, etc.)	»	154	60
	Remboursement de la Com. géol. fédérale	»	130	—
	Intérêts perçus	»	135	30
	Produit de l'exercice	Fr.	1741	75
	Reliquat au 30 juin 1900	»	1367	27
	Total disponible	Fr.	3109	02

Dépenses.

Eclogæ et impressions diverses	Fr.	1385	40
Indemnités de route au Comité	»	45	—
Frais de port et de bureau	»	90	87
Dépenses effectives	Fr.	1521	27
Mis au fonds de réserve	»	100	—
Solde à compte nouveau	»	1487	75
Total égal	Fr.	3109	02

Nos dépenses sont restées ainsi de fr. 178,73 inférieures au budget, voté par l'assemblée générale de l'an passé, et notre solde à compte nouveau se trouve de fr. 120,48 supérieur à celui du 30 juin 1900.

Le fonds de réserve est porté à 2300 fr. par l'adjonction de une cotisation à vie.

Le budget des dépenses pour 1901-1902 que vous propose le Comité est le suivant :

Eclogæ, publication et expédition	Fr.	2000	—
Indemnité de route du Comité	»	70	—
Frais de port, de bureau, etc.	»	60	—
Eventualités	»	70	—
Total	Fr.	2200	—

Digitized by Google

Publications. — En septembre 1900 a paru le N° 5 des *Eclogæ*, qui contient la Revue géologique de 1899; et en novembre le N° 6, qui termine le volume VI. Ce dernier rend compte de la réunion annuelle à Thusis et contient, outre la nouvelle liste des membres, divers travaux scientifiques.

Le N° 1 du volume VII, qui contient la Revue de 1900, vient de paraître, mais, daté du mois de juillet, il appartient au nouvel exercice.

Excursions. — Nous avons prié M. le prof. MÜHLBERG de préparer et de diriger des excursions géologiques dans le *Jura argovien*, à la suite de la réunion de Zofingen. Le programme de ces quatre jours d'excursions vous a été adressé en même temps que la convocation à notre assemblée générale. Des profils y relatifs vont être distribués à ceux qui y participeront.

D'autre part, la *Société géologique de France* se réunira cette année à **Lausanne**, le 3 septembre prochain, pour faire, sous la direction de notre confrère le Dr MAURICE LUGEON, une excursion de huit jours dans les *Préalpes* du Bas-Valais et du Chablais. Ceux d'entre vous qui désireraient y participer seront les bienvenus, à condition de s'inscrire avant le **15 août**, auprès de M. le Dr MAURICE LUGEON, *professeur à l'Université de Lausanne.*

Conclusions. — Nous invitons l'Assemblée générale de la Société géologique suisse, réunie pour la vingtième fois à Zofingen, à procéder aux opérations statutaires suivantes:

a) Discuter la gestion du Comité et corroborer les comptes de l'exercice 1900-1901. (Statuts, art. 10 et 11.)

b) Nommer un nouveau comité de sept membres, en remplacement de celui qui termine ses fonctions trisannuelles. (Statuts, art. 7.)

c) Elire deux nouveaux contrôleurs et un suppléant, pour l'exercice qui commence.

Pour le Comité,

Le président : E. RENEVIER, prof.

Digitized by Google

B

Controlbericht über die Rechnung pro 1900-1901.

Die Unterzeichneten haben, im Auftrag Ihrer Gesellschaft, die vom Cassier Professor Dr Mühlberg ausgestellte, mit 30. Juni 1901 abgeschlossene Rechnung geprüft und richtig gefunden.

Cassabestand am 30. Juni 1901 . . Fr. 1487 85
Reservefond » . . » 2300 —

Wir beantragen Abnahme der Rechnung, unter bester Verdankung gegenüber dem Herrn Rechnungssteller.

Zofingen und Zurich, den 30. Juli 1901.

Dr H. Fischer-Siegwart.
A. Bodmer-Beder.

C

Vingtième assemblée générale

DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE

le 6 août 1901, *à Zofingen.*

La séance est ouverte à 8 1/4 heures, dans l'Aula du gymnase, sous la présidence de M. le prof. E. Renevier.

Sont présents une trentaine de membres.

1. Le *protocole* de l'Assemblée générale de 1900 à Thusis est approuvé, sans lecture, vu son impression dans les *Eclogæ.*

2. Le président donne lecture du *Rapport annuel* sur la marche de la Société et la gestion du Comité.

3. Lecture est faite du *Rapport de MM. les vérificateurs des comptes.* Les comptes sont approuvés, ainsi que la gestion du Comité.

4. On passe au *renouvellement du Comité* pour la période triennale 1901 à 1904. M. le prof. Baltzer propose le renouvellement en bloc du Comité actuel. Cette proposition est adoptée à main levée. Sont ainsi élus MM. Renevier (Lausanne), Heim (Zurich), Schardt (Neuchâtel), Mühlberg

Digitized by Google

(Aarau), SCHMIDT (Bâle), FELLENBERG (Berne), et ROLLIER (Bienne).

5. Election de *nouveaux contrôleurs* pour les comptes de 1901-1902. Sont nommés MM. BODMER-BEDER, ancien et Dr LUGEON, précédent suppléant. M. le Dr STEHLIN, de Bâle, est élu suppléant.

6. Le président communique l'invitation au *Congrès des Naturalistes et Médecins allemands*, qui aura lieu cette année à Hambourg.

7. Il annonce en outre que la *Société géologique de France* se réunit cette année à **Lausanne** le 3 septembre, pour son excursion annuelle, qui aura lieu dans les *Préalpes du Bas-Valais et du Chablais*. Les géologues suisses sont cordialement invités.

8. Une discussion s'engage sur la *cession éventuelle* à la Bibliothèque de la ville de Berne de la *Bibliothèque de la Société helvétique des Sciences naturelles*, à laquelle notre propre bibliothèque avait été incorporée à certaines conditions. Contrairement à l'opinion de quelques membres qui auraient voulu réclamer une part proportionnelle du subside annuel offert par la Bibliothèque de Berne, on adopte la proposition suivante de M. le prof. HEIM :

« Die Schweizerische geologische Gesellschaft erklärt sich damit einverstanden, dass eventuell mit der Bibliothek der Schweiz. naturf. Gesellschaft auch ihre, der letzteren Bibliothek einverleihte Büchersammlung, an die Bibliothek der Stadt Bern übergehe unter folgenden Bedingungen :

1. Die Bücher, welche von der geolog. Gesellschaft stammen, sind alle mit dem Stempel dieser Gesellschaft zu versehen.

2. Den Mitgliedern der geologischen Gesellschaft bleibt das Benutzungsrecht für alle Zukunft gewahrt.

3. Die Bedingungen 1 et 2 gelten auch für die Zukünftigen der Schw. geol. Gesellschaft eingehenden und in Zukunft der Stadtbibliothek Bern zugehenden Bücher.

4. Schriftlichen Mitteilung dieses Beschlusses an das Central-Comité der Schw. naturf. Gesellschaft. »

9. L'ordre du jour étant épuisé, et aucune proposition individuelle n'étant présentée, l'Assemblée est clôturée à 9 h. 20 par la nomination de M. HEIM comme président de la séance scientifique, et MM. CH. SARASIN et STRÜBIN comme secrétaires.

Le secrétaire, Dr H. SCHARDT, prof.

Digitized by Google

D

Section de géologie

de la Société helvétique des Sciences naturelles.

Président : M. le prof. ALBERT HEIM.
Secrétaires : MM. CH. SARASIN (Genève) et K. STRÜBIN (Liestal).

Séance ouverte à 9 1/2 à l'Aula du bâtiment scolaire.

1. M. le prof. F. MÜHLBERG (Aarau) expose en détail le plan de l'excursion et les différents points à examiner durant ces 4 journées. Il distribue deux planches de profils à ceux qui veulent y participer. (Voir p. 152.)

2. M. le Dr F. LEUTHARDT (Liestal) présente à l'assemblée une nombreuse collection de plantes fossiles du Keuper inférieur (*Lettenkohle*) de Neuewelt sur la Birse, riche gisement qu'il exploite depuis des années. Il décrit la série stratigraphique de ce gisement triasique, et donne des détails sur les principales espèces, dont quelques-unes sont représentées par de magnifiques empreintes. (Voir sa Notice, p. 125.)

3. M. le Dr K. STRÜBIN (Liestal) parle des affleurements de Lias et Keuper de Niederschönthal, près de Liestal, gisement où avait été trouvé le *Gresslyosaurus ingens* de Rutimeyer, assimilé dès lors au *Belodon Plieningeri*, Myr. Il en donne la coupe stratigraphique détaillée, et énumère en particulier, la faune rhétienne de cette localité. (Voir p. 119.)

4. M. le Dr E. KÜNZLI (Soleure) énumère les Roches éruptives rapportées du pays de Massaï (Afrique orientale) par feu ALFRED KAISER d'Arbon. (Voir p. 136.)

5. M. le prof. Dr A. BALZER (Berne) résume la géologie de la contrée du Lac d'Iseo qu'il a explorée récemment, et parle de l'origine de ce lac. (Voir p. 137.)

Cette communication entraîne une discussion prolongée, à laquelle prennent part MM. HEIM, RENEVIER, BRÜCKNER et SCHARDT.

Digitized by Google

6. Enfin M. F.-A. Forel parle de l'éboulement du Fletschhorn, du 19 mai 1901, à midi (appelé aussi éboulement du glacier du Rossboden), qu'il a étudié sur place avec MM. Schardt, prof. à Neuchâtel, et Barberini, forestier à Brigue. Une masse de rochers, partie du Fletschhorn au point marqué 3788 m. de la carte Siegfried, est tombée sur le glacier de Rossboden qu'elle a balayé, entraînant avec elle les séracs, les moraines du glacier et les neiges qu'elle rencontrait; elle a recouvert la vallée jusqu'au delà du Krummbach, écrasant 28 maisons et granges, 2 personnes, 53 pièces de gros et petit bétail, des forêts et des prairies.

Cette catastrophe atteint en importance celle de l'Altels (11 septembre 1895). Les chiffres en parenthèse se rapportent à l'éboulement de l'Altels.

Altitudes extrêmes de la chute de 3790 à 1500 m. (3340 à 1900 m.)

Hauteur de chute, 2300 m. (1440 m.)

Longueur de l'éboulement 7 km. (4,4 km.).

Superficie 2,3 km² (2 km²).

Volume de l'éboulement, 2 1/2 à 3 millions m³ (4,5 millions m³.)

M. Forel cherche quelle est l'origine probable de la catastrophe: éboulement de rocher ou éboulement de glacier. Il établit la loi générale: « Un éboulement de rochers ne se reproduit pas, la montage écroulée ne remontant pas à sa place primitive; un éboulement de glacier est un phénomène à répétition, qui se reproduira quand le glacier aura été reconstitué. »

Or l'histoire de la vallée rapporte des catastrophes glaciaires antérieures. Mais elles ont eu lieu de la vallée de Guggenen et proviennent du glacier de Hohmatten, 1597 et 1841. Pour le glacier de Rossboden, ni l'histoire, ni la tradition ne font mention de catastrophe analogue à celle de 1901. Donc l'événement, ne s'étant pas répété à intervalles périodiques, n'est probablement pas dû à un éboulement de glaciers.

M. Forel expose les photographies de l'éboulement prises par E. Muret, de l'inspectorat fédéral des Forêts.

M. le Dr Schardt ajoute que dans deux excursions il a pu étudier le chemin parcouru par l'avalanche, mais que jusqu'ici il lui a été impossible d'étudier en détail la niche d'arrachement. La question à savoir dans quelle proportion un éboulement de rochers a participé à la catastrophe ou l'aurait

Digitized by Google

même déterminée, doit donc rester en suspens, quelque vraisemblable que cette participation paraisse. Les débris rocheux qui sont mélangés à l'avalanche dans la région de déjection sont en si grande proportion d'origine morainique que la proportion des matériaux attribuable à un éboulement de rocher paraît assez minime. Un éboulement de rocher comme cause déterminante de l'éboulement du glacier paraît néanmoins, fort plausible, étant donné que le volume du glacier rompu ne représente lui-même qu'une très faible proportion du volume total de l'avalanche. Cela s'explique parce que l'éboulement initial a balayé et entraîné toute la neige recouvrant la piste parcourue, le volume de cette neige est infiniment plus grand que celui de l'éboulement initial. La trajectoire parcourue est fort intéressante par les changements de direction que l'avalanche a subis à plusieurs reprises. Après la première chute par-dessus la cataracte du glacier, où les seracs furent rabotés, l'avalanche a heurté la moraine latérale du glacier et a débordé par-dessus en se répandant en gerbe sur le pâturage des Grisernen. Ce second courant très volumineux ayant été resserré dans un étroit couloir est rentré ensuite partiellement dans le couloir du glacier, tout en répandant une nouvelle gerbe de pierres et de glace sur le pâturage de Rossboden. Il est remarquable de constater le peu d'intensité du bruit qui a été entendu par des témoins au moment de l'arrivée de l'avalanche sur le fond de Seng et d'Eggen et les grands blocs déplacés de la moraine frontale du glacier de Rossboden ; enfin le peu d'effet du coup de vent qui ne s'est produit qu'à deux endroits au-dessous de Rossboden-Alpe (dès Alte Staffel en aval) et au-dessous de Lieghien sur le côté opposé, où les mélèzes ont été couchés ou dépouillés de leurs branches.

E

Rapport de la Commission géologique

de la Société helvétique des sciences naturelles

pour l'année 1900-1901.

Pendant cette année la commission géologique a eu deux séances, le 8 décembre 1900 et le 18 mai 1901.

Pour l'exercice de 1901 nous avons sollicité des autorités fédérales un crédit de 15 000 francs qui nous a été accordé.

Digitized by Google

Les **publications terminées** et expédiées en 1900-1901 sont les suivantes :

1. *Livraison X, de la 2e série des Matériaux.* — Th. Lorenz. *Monographie des Fläscherberges*, 67 pages de texte, avec 13 clichés, 1 carte géologique au 1 : 25000 et 4 planches de profils, fossiles et vues.

2. Fr. Mühlberg. *Geologische Karte der Lägern.* Cette carte se compose des sections 37, 39, 40, 42 de l'Atlas Siegfried ; elle est le premier numéro d'une série de cartes géologiques de la région limitrophe du Jura-plateau et du Jura-chaînes. M. le professeur Dr Fr. Mühlberg (Aarau), qui a commencé ses levers de cette zone en 1890, les aura bientôt terminés, de sorte que les feuilles à l'ouest des Lägern, suivront bientôt l'une après l'autre.

3. L. Rollier. *Carte géologique des environs de Moutier* et *Carte géologique des environs de Bellelay*, au 1 : 25000.

Ces deux feuilles comprennent les sections 102, 103, 104, 105 et 106, 107, 108, 109, de l'Atlas Siegfried. Elles représentent très nettement et clairement cette région du Jura bernois, plissée régulièrement, avec ses célèbres cluses. L'image est d'autant plus claire que de Diluvium, qui joue un rôle très peu important dans cette contrée, y a été omis.

En fait de **Textes en préparation** pour la *1re série* des *Matériaux*, il y en a encore deux qui ne sont pas achevés :

1. *Livraison XXVI.* (Texte de la Feuille XXIII.) — M. le prof. Dr C. Schmidt continue ses levers dans la zone Nufenen-Simplon-Mont-Rose. La partie septentrionale (Nufenen-Simplon) sera bientôt achevée.

2. *Livraison XXIX : Bibliographie géologique de la Suisse.* — M. le Dr Rollier a continué à rassembler une foule de matériaux que nous espérons pouvoir bientôt publier.

Nous renouvelons ici la recommandation de l'année passée à tous les auteurs suisses et étrangers : de bien vouloir envoyer leurs travaux géologiques concernant la Suisse à M. L. Rollier (Wyssgässli 10, Bienne).

Les deux cartes suivantes sont **en revision** pour une seconde édition :

Digitized by Google

1. *Feuille VII.* — Les levers géologiques nouveaux ont été faits par M. le Dr L. Rollier pour la partie jurassienne, et par M. le Dr E. Kissling (Berne) pour la partie mollassique. Ces travaux étant finis, la feuille se trouve maintenant à l'impression et sera achevée vers la fin de 1901.

2. *Feuille IX.* — Nous préparons lentement la revision de de cette feuille. Certaines parties ont été retravaillées par M. le Dr Ch. Burckhardt (Bâle) (Livr. III et V de la 2e série). L'année passée MM. le Dr A. Heim et J. Oberholzer (Glaris) ont fait de nouvelles explorations dans la région du Schilt-Mürtschenstock, et M. le prof. Heim également dans la région du Säntis.

Explorations nouvelles. — Les travaux en cours, dont quelques-uns s'approchent de la fin, sont les suivants :

1. M. le prof. Dr H. Schardt (Neuchâtel), traitera la *Stratigraphie du Crétacique inférieur* de la région vaudoise ; ce travail servira de texte à la 2e édition de la Feuille XVI (parue en 1900).

2. Le même fait de nouvelles explorations pour une monographie des *Préalpes romandes* (Stockhorn-Zone).

3. M. le prof. Dr M. Lugeon (Lausanne) fait des levers géologiques dans la zone des *Hautes-Alpes à faciès helvétique* (Sanetschpass-Gemmi), Il a déjà obtenu une série de résultats importants.

4. M. le Dr Max Mühlberg a publié dans les *Eclogæ* (VI, p. 293), une notice préliminaire sur la *Stratigraphie du Dogger dans le Jura septentrional de la Suisse.* Il complètera ce travail, dès qu'il sera rentré de son voyage à Sumâtra.

5. M. le Dr E. Kissling (Berne) continue ses recherches sur la *Mollasse de l'Emmenthal et de Lucerne.*

6. M. le Dr Aug. Tobler (Bâle) a fini son travail sur *La zone des Klippes entre Sarnen et le Mythen.* Le manuscrit est sous presse.

7. *Mouvements de terrains en Suisse.* Le bureau de la Commission continue à recueillir et à cartographier tous les phénomènes de cette sorte qu'on veut bien lui faire connaître.

Digitized by Google

8. M. Th. Rittener (Sainte-Croix) a fini les levers des sections *Sainte-Croix* et *Côte-aux-Fées* au 1 : 25 000; le texte et la carte seront bientôt prêts à être imprimés.

9. MM. le prof. Dr U. Grubenmann (Zurich) et le Dr Chr. Tarnuzzer (Coire) continuent les levers des sections *Ardez* et *Tarasp* au 1 : 50 000. Le premier s'occupera principalement des roches cristallines ; le second, des sédiments de cette contrée très compliquée.

10. M. le Dr Aug. Buxtorf (Bâle) a présenté à la Commission sa monographie : *Geologie von Gelterkinden* (Jura-plateau du canton de Bâle). La Commission a accepté ce travail, et il va paraître en 1901.

La **Kohlenkommission**, sous-commission pour la recherche de la houille, publiera bientôt le second volume de son rapport final : *Die Molassekohlen westlich der Reuss*, par Dr E. Kissling.

La **Commission géotechnique suisse** nous a envoyé le rapport ci-après.

Elle a eu deux séances pendant l'année écoulée.

Quant à la revision de la *Carte des matières premières de la Suisse* (Rohmaterialien), M. le prof. Duparc (Genève) a essayé de réunir dans une carte au 1 : 250 000 toutes les indications de matières premières. M. le prof. Schmidt (Bâle) a commencé de faire des cartes spéciales pour les diverses matières premières, par exemple : houilles, tourbe, sources minérales, minerais, etc.

En même temps on a commencé l'exploration des *Argiles de la Suisse*. Plus de 50 gîtes d'argile des cantons d'Argovie, Berne, Lucerne, Schaffhouse ont été examinés, et l'analyse chimique en a été faite au laboratoire de Genève, tandis que les épreuves technologiques s'exécutaient au laboratoire de l'Ecole polytechnique (Materialprüfungsanstalt).

Zurich, juillet 1901.

Pour la Commission géologique suisse :

Le président : Dr Alb. Heim, prof.

Le secrétaire : Dr Aug. Æppli.

Digitized by Google

F

Excursions dans le Jura argovien

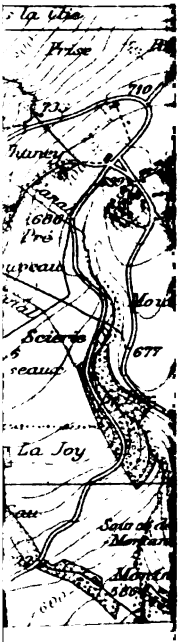
du 7 au 10 août 1901

par F. MÜHLBERG, prof.

(2 planches.)

Le récit de ces excursions n'ayant pas pu être prêt pour ce numéro, paraîtra plus tard.

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Chez **GEORGES BRIDEL & Cie** *éditeurs à Lausanne.*

A PARIS
A LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, boulevard St Germain.

A BALE
CHEZ GEORG & Cie
libraires.

CONGRÈS
GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTE-RENDU
DE LA
SIXIÈME SESSION, EN SUISSE
Août 1894, Zurich.

Prix avec 12 tableaux en couleurs :
25 francs. — 20 marcs. — £ 1. — $ 5.

La 6e partie à part.

CHRONOGRAPHE GÉOLOGIQUE
12 grands tableaux en couleur, avec texte explicatif, et Répertoire stratigraphique polyglotte,
par E. RENEVIER, prof.
Prix : **10 francs.** — Les tableaux seuls, en feuilles : **6 francs.**

Récentes publications de la
COMMISSION GÉOLOGIQUE FÉDÉRALE
En dépôt chez Schmidt & Francke, à Berne.

Carte géologique du Bassin du Léman.
2de éd. de la Fille XVI au 1 : 100 000, avec Notice explicative par RENEVIER et SCHARDT, 1899. — Prix : 10 francs.

E. LETSCH, Die Molassekohlen der Ostschweiz.
253 pages in-4°, avec 8 planches. — Prix : 10 francs.

Matériaux pour la Carte géologique. 2e sér. ; Livr. IX.

J. OBERHOLZER. Monographie einiger prähistorischer Bergstürze in den Glarneralpen.
209 pages in-4°, avec 4 planches et une grande carte géologique au 1 : 20 000, des environs de Glaris. — Prix : 15 francs.

Digitized by Google

LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE EN SUISSE

Nous n'avons plus de Livret-guide à prix réduit. Pour l'obtenir s'adresser à l'éditeur F. PAYOT, à Lausanne. Il reste encore chez notre caissier quelques *Separata* aux prix suivants :

Separata avec planches	Fr. 1 —
Separata sans planche	» — 80
Notices sur les Musées géologiques de la Suisse.	» — 50

S'adresser à M. le prof. MÜHLBERG, à Aarau, en lui envoyant la valeur en *timbres-poste suisses*.

Pour les *Compte-rendus* du Congrès de 1894, voir au dos.

PRIX DES ECLOGÆ

Le vol. I des *Eclogæ* n'est plus en vente séparément.

	En librairie.	Aux membres.
Série des volumes I à V	Fr. 65 —	Fr. 55 —
Volumes II à V, séparément. . . .	» 12 —	» 10 —
Livr. séparées disponibles des vol. I à V	» 2 50	» 2 —
Volume VI	» 12 —	» 10 —

Dès le N° 1 du volume VI le prix de chaque livraison est marqué sur la couverture. — Réduction de $^1/_4$ pour les membres.

2 francs.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

GJ-S

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la société E. RENEVIER, prof.

Vol. VII, N° 3.

avec 6 planches.

Pages.

11. MÜHLBERG. Exkursionen 1902 im Jura 153
12. SCHARDT. Blocs exotiques de la Hornfluh 196
13. ÆBERHARDT. Blocs erratiques de la moraine externe . 199
14. BLUMER. Glarnerische Alpenseen 203

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS

Février 1902.

Digitized by Google

AVIS

Les ***Eclogæ*** servent d'organe périodique à la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE *(Schweizerische geologische Kommission)*.

Les livres, cartes, etc., donnés en échange contre les publications de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

Tit. Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums,
(in Tausch mit der SCHWEIZERISCHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION)
in ZURICH

Les envois de livres, etc. destinés à la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, doivent être adressés :

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, p. adr. *Bibliothèque de la Société helvétique des sciences naturelles à BERNE.*

Annonces.

Les ***Eclogæ*** insèreront volontiers des annonces payantes de publications géologiques, comptoirs minéralogiques et paléontologiques, collections ou bibliothèques à vendre, etc. Le prix des annonces est de 5 fr. par *quart de page*, avec réduction pour les annonces plusieurs fois répétées.

Die ***Eclogæ*** nehmen gerne bezahlte Anzeigen über geologische Publikationen, mineralogische und paläontologische Geschäfte, zum Verkauf ausgebotene Sammlungen oder Bibliotheken, etc. auf. Der Preis der Annoncen beträgt 5 Fr. für die Viertelsseite mit Ermässigung bei Wiederholung derselben Anzeige.

PRIX SCHLÆFLI

proposé par la Société helvétique des sciences naturelles pour le 1er juin 1903.

Analyse chimique des eaux et du sol des grands lacs de la Suisse, discussion des résultats.

Pour renseignements s'adresser à

M. le professeur ALB. HEIM, HOTTINGEN-ZURICH V.

Digitized by Google

13620

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Bericht

über die

Exkursionen der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in das Grenzgebiet zwischen dem Ketten- und dem Tafel-Jura, in das aargauische Quartär und an die Lägern,

nach der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden und der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Zofingen im Anfang August 1901, unter Führung von

Dr. F. Mühlberg in Aarau.

Mit den beiden Profiltafeln 2 und 3.

Wichtigste Litteratur über die Exkursionsgebiete.

A. *Litteratur über alle Gebiete.*

THURMANN, J. Essai sur les soulèvements jurassiques. Paris, 1832, 1836.

THURMANN et E. FROTÉ. Esquisses orographiques de la chaîne du Jura. Porrentruy, 1852.

MÖSCH, C. Der Aargauer Jura. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz. IV. Lfg. 1867.

— Der südliche Aargauer Jura und seine Umgebungen, enthalten auf Blatt VIII des eidgen. Atlas. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. X. Lfg. 1874.

MÜHLBERG, F. Geologische Exkursionen im östlichen Jura und aargauischen Quartär. Livret-Guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse. Lausanne, F. Payot, 1894.

— Bericht über die Exkursion V im östlichen Jura und aargauischen Quartär. Compte rendu de la 6e session du Congrès géol. international à Zürich. Lausanne, 1897.

Digitized by Google

B. *Spezial-Litteratur über den Jura zwischen Aarau und Olten, zwischen Brugg und Birmensdorf und die Lägernkette.*

GRESSLY, A. Description géologique sur le Jura soleurois. Neue Denkschriften d. Allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Nat. Bände II, IV und V, 1838, 1840 und 1841.

MOUSSON, A. Geologische Skizze der Umgebung von Baden. Zürich, 1840.

— Ueber die Wasserverhältnisse der Thermen von Baden. Zürich, 1848.

A. ESCHER VON DER LINTH und C. KULMANN. Gutachten über die Thermalquellenverhältnisse zu Baden. 1858.

MÜLLER, Albr. Ueber einige anormale Lagerungsverhältnisse im Basler Jura. Bericht über die Verhandlungen der Naturf. Gesellschaft in Basel, 1860.

ZSCHOKKE, Th. Das Laurenzenbad bei Aarau. Aarau, 1860.

Dr. BRUCKMANN und Prof. LANG. Gutachten, die Quellenverhältnisse des Hauensteins betreffend. Basel, 1861.

MÜLLER, Albr. Geognostische Skizze des Kantons Basel und der angrenzenden Gebiete, nebst geognostischer Karte in Farbendruck. Beitrag zur geolog. Karte der Schweiz, I. Lfg. 1864.

MÜLLER, A. Ueber die Wisenbergkette im Basler Jura. Verhandl. der Naturf. Gesellschaft in Basel. 1863.

STUTZ, U. Ueber die Lägern. LXVI. Neujahrsstück der Zürcher. naturf. Gesellschaft, 1864.

MÖSCH, C. Geologische Beschreibung der Umgebung von Brugg. Aarau, 1867.

MÜHLBERG, F. Kurze Skizze der geolog. Verhältnisse des Bözbergtunnels, des Hauensteintunnels, des projektierten Schafmattunnels und des Grenzgebietes zwischen dem Ketten- und dem Tafel-Jura überhaupt. Eclog. geolog. Helv., vol. I, und Mitteilungen der Aarg. naturf. Gesellschaft, Heft V, 1888.

OPPLIGER, F. Dislokationen und Erosionen im Limmatthal. Jahresbericht über das Lehrerseminar Wettingen, 1890/91.

MÜHLBERG, F. Kurze Schilderung des Gebietes der Exkursionen der oberrheinischen geologischen Gesellschaft vom 22. bis 24. April 1892 im Jura zwischen Aarau und Olten und im Diluvium bei Aarau. Eclog. geolog. Helv., vol. III, Heft 3, und Mitteilungen der Aarg. Naturf. Gesellschaft, Heft VI, 1892. Ber. über d. Vers. d. oberrhein. Geol. Vereins in Basel 1892.

— Bericht über die Exkursion der Schweiz. geolog. Gesellschaft in das Gebiet der Ueberschiebungen, Verwerfungen und Klippen im Basler und Solothurner Jura vom 7. bis 10. September 1892. Eclog. geolog. Helv.. vol. III, Heft 5, und Bericht über die Verhandlungen der Naturf. Gesellschaft in Basel, Band X.

Digitized by Google

SCHMIDT, Dr. C. Geologische Exkursion in der Umgebung von Basel und im östlichen Aargauer Jura. Livret-Guide géologique dans le Jura et les Alpes de la Suisse. Lausanne, 1894.

OPPLIGER, F. Die Juraspongien von Baden. Zürich, 1897.

MÜHLBERG, Max. Vorläufige Mitteilung über die Stratigraphie des Braunen Jura im nordschweizerischen Juragebirge. Eclog. geolog. Helv., vol. VI, 1900.

C. *Spezial-Litteratur über das Quartär.*

MÜHLBERG, F. Die erratischen Bildungen im Aargau. Festschrif zur Feier der 500. Sitzung der Aarg. naturf. Gesellschaft. 1869.

— Zweiter Bericht über die Untersuchung der erratischen Bildungen im Aargau. Mitteilungen der Aarg. naturf. Gesellschaft. I. Heft, 1874.

— Die heutigen und früheren Verhältnisse der Aare bei Aarau. Beigabe zum Programm der aargauischen Kantonsschule in Aarau. 1885.

DU PASQUIER, L. Ueber die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. XXXI. Lfg., 1891.

AEPPLI, Dr. Aug. Erosionsterrassen und Glacialschotter in ihrer Beziehung zur Entstehung des Zürichsees. Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz, XXXIV. Lfg. Bern, Schmid, Franke & Cie, 1894.

MÜHLBERG. F. Der Boden von Aarau. Festschrift zur Eröffnung des neuen Kantonsschulgebäudes in Aarau. 1896.

D. *Karten.*

Karte vom Kanton Basel, entworfen von A. KÜNDIG, geolog. aufgenommen und dargestellt von Dr. A. MÜLLER in Basel. 1862.

Blatt III der Dufourkarte, geol. kolorirt von C. MÖSCH, U. STUTZ, und Inspektor VOGELGESANG.

Blatt VIII der Dufourkarte, geolog. kolorirt von C. MÖSCH und F. KAUFMANN.

Generalkarte der Schweiz, 1/250 000, als Gletscherkarte koloriert von A. FAVRE.

Geologische Karte der Schweiz, 1/500,000, bearbeitet von Dr. A. HEIM und Dr. C. SCHMIDT. 1894.

Geotektonische Skizze der nordwestlichen Schweiz. 1/250 000, von F. MÜHLBERG.

Geologische Karte der Lägernkette, 1/25 000, bearbeitet von Dr. F. MÜHLBERG, herausgegeben von der Schweiz. geolog. Kommission. 1901.

Die Exkursionen fanden im Gebiet folgender Blätter des eidgen. topograph. Atlas 1/25 000 statt: 37, 38, 39, 147, 149, 150, 152 und 155; resp. im Gebiete der Blätter III und VIII der Dufourkarte 1/100 000.

Digitized by Google

Verzeichnis der Teilnehmer.

N. B. Die Zahlen bedeuten die Exkursionstage, an denen sich der betreffende Herr beteiligt hat.

AEBERHARDT, Dr. Berthold, Biel	1	2	3	—
AMSLER, Alfred, Stalden bei Brugg	1	2	3	4
ANTENEN, Dr. Fr., Biel	1	2	3	4
BALTZER, Dr. Armin, Bern	1	2	3	—
BAUR, J., Gränichen	—	—	3	—
BRÜCKNER, Dr. Ed., Bern	—	2 Abend,	3	—
BUSINGER, J., Sulz	1	2	—	—
DEGEN, J., Menziken	1	2	3	4
ENGEL, Dr. Th., Eislingen	—	—	—	4
FISCHER-SIGWART, Dr., H., Zofingen	—	—	—	4
FREY, Dr. Hans, Küsnacht	1	2	3	4
HESS, Dr. W., Mühlhausen	1	2	3 Morgen	—
HOLLAND, Friedrich, Heimerdingen	—	—	—	4
HOLLIGER, J., Wettingen	—	—	3	4
HUGI, Dr. Emil, Bern	1	2	3	4
JUILLERAT, Edmond, Biel	1	2	3	4
KISSLING, Dr. Ed., Bern	1	—	—	—
KOLLBRUNNER, E., Zürich	—	—	3	4
KÜNZLI, Dr. E., Solothurn	1	2	3	4
LALIVE, Dr. Aug., Chaux-de-Fonds	1	2	3	—
MACHACEK, Dr. Fritz, Mödling bei Wien	1	2	3	—
MÜHLBERG, Dr. F., Aarau	1	2	3	4
SARASIN, Dr. Ed., Genf	1	2	3	4
SCHARDT, Dr. Hans, Veytaux	1	2	3	4
SEILER, H., Bellinzona	1	2	3	—
STINGELIN, Dr. Th., Olten	1	2	—	—
TARR, Ralph, Ithaca	1	2	3	—
TRŒSCH, Alfred, Bern	1	2	3	4
WEBER, Dr. Julius, Winterthur	1	2	3	—

Herr Dr. KÜNZLI hatte die Güte, das Kassawesen der Exkursion zu besorgen. Der sich ergebende Ueberschuss von 3 Fr. wurde der Kasse der Schweiz. geolog. Gesellschaft zugewiesen.

Schon im Anfang des Monats Juli war allen Mitgliedern der Schweizerischen geologischen Gesellschaft ein detailliertes *Programm der Exkursionen* zugeschickt worden, mit der Einladung, sich bis Ende Juli beim Leiter der Exkursion anzumelden, damit rechtzeitig für Unterkunft gesorgt werden könne, was sich namentlich in Olten und Baden als sehr notwendig erwies.

Digitized by Google

In der Sitzung der geologischen Sektion der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Zofingen am Dienstag den 6. August wurden die wichtigsten Stellen und die dabei zur Erörterung gelangenden Fragen an der Hand des Programms erläutert und zugleich zwei Profiltafeln den Teilnehmern ausgeteilt. Leider kollidierte die Erstellung dieser Tafeln mit derjenigen einer auf den gleichen Zeitpunkt zu vollendenden Arbeit über die aargauische Quellenkarte, wo ich noch in letzter Zeit da, wo ich Hülfe hätte erwarten dürfen, auf Schwierigkeiten stiess, derart, dass es mir nicht mehr möglich wurde, alle einzelnen Stellen speziell zu diesem Zwecke nochmals zu besuchen. Infolgedessen konnten einige Details nur noch rasch als Skizzen angedeutet werden. Diese sind jedoch bei der Anfertigung der diesem Bericht beigegebenen gleichen Tafeln verbessert worden.

Um die Teilnehmer an der Exkursion nicht mit ihrem Gepäck zu belasten, wurde dafür gesorgt, dass dasselbe an den beiden ersten Tagen in Olten belassen werden konnte. Am Morgen des zweiten Tages wurde es in das folgende Quartier im Hotel Gerber in Aarau vorausspediert und von hier am folgenden Morgen in das nächste Quartier im Hotel Bahnhof in Baden, wo wir am letzten Abend wieder einkehrten, um das Gepäck zur Heimreise mitzunehmen.

Dienstag den 6. August.

7 Uhr 27 Minuten abends, nach Schluss der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft, reisten die an dieser Versammlung teilnehmenden Geologen von Zofingen nach Olten ab zum Uebernachten in den beiden Gasthöfen « Frohburg Terminus » und « Halbmond ». Bei dem gemeinsamen Nachtessen in der « Frohburg » stellten sich noch einige Herren ein, die sich ebenfalls angemeldet hatten.

Da es inzwischen etwas spät geworden war und ein leichter Regen sich einstellte, musste der projektierte Besuch des Malmprofils bei der Ruine Hagberg und der grossen Grundwasserquellen des Gäus in der Rögmatt unterbleiben.

Ein in der Nacht sich entwickelndes Unwetter schien auch die folgenden Exkursionen vereiteln zu wollen. Doch klärte sich der Himmel schon am andern Morgen allmählich auf. Das Wetter blieb dann bis zum letzten Abend sehr schön.

Digitized by Google

Erster Exkursionstag, Mittwoch den 7. August.

Siehe Tafel 2, Profil I und Tafel 3, Profil XI.

Erster Zweck des Vormittags: Feststellung der Schichtenfolge im mittleren (Anhydritbildung) und oberen Muschelkalk (unterer Dolomit, Hauptmuschelkalk und oberer Dolomit); Besichtigung der Schuppenstruktur des Muschelkalkes am Nordrand des Ketten-Jura über dem nördlichen Teil des Hauensteintunnels. Abfahrt von Olten nach Läufelfingen punkt 6 Uhr früh.

Reihenfolge der Beobachtungen.

Da die Wiese, in der der betreffende Aufschluss im Bogenfeld gelegen ist, mit hohem Gras bestanden und dieses Gras vom nächtlichen Regen noch sehr nass war, und da wir zudem die Fortsetzung dieser Schichten später weiter oben noch bequem besichtigen konnten, verzichteten wir darauf, die tertiäre Nagelfluh östlich des untersten Teils der neuen Hauensteinstrasse zu besichtigen, die den schwach südwärts geneigten Tafel-Jura hier bedeckt.

Die Grenze zwischen diesem Südrand des Tafel-Jura und dem darüber geschobenen Nordrand des Ketten-Jura ist durch Trümmer und Vegetation verdeckt. Wir stiegen daher von der Station Läufelfingen direkt zu dem **Muschelkalk-Profil** im Rossacker in und über dem Gypswerk Ruf & Cie östlich der Hauensteinstrasse hinan. Das unterste sichtbare Glied der Muschelkalkformation ist hier 10—30° südfallender Gyps der Anhydritformation, der im Steinbruch in einer Mächtigkeit von 40 m. ausgebeutet wird. Die untersten Bänke sind wenigstens lokal noch Anhydrit. Die Schichten zeigen manigfache Biegungen und spitze Fältelungen als Folge von Stauchung und wohl auch der Umwandlung aus Anhydrit. Darüber liegen ca. 12 m. grauer Salzthon und auf diesem ca. 8 m. dünnplattiger, zum Teil fast schiefriger, hellgrauer bis weisser, weicher unterer Dolomit mit Feuersteinschnüren, darauf, scharf abgegrenzt, splittrige Kalkbänke des untern Hauptmuschelkalkes und der ganze Hauptmuschelkalk in einer Mächtigkeit von circa 25 m. Darin sind, schon von einem Meter über dem untern Dolomit an, Encrinitenbänke unregelmässig verteilt, die nach oben häufiger werden und mit dichten grauen Kalk- und Terbratelbänken wechsellagern. Auf dem Bitzenfeld liegt darauf braunsandiger, bröckliger,

Digitized by Google

teils dick- teils dünnbankiger oberer Dolomit; doch ist er an der Stelle, wo der Weg oberhalb des Gypswerkes die Bergkante erreicht und auch noch über dem nächst untern Muschelkalk-Steinbruch erodiert. Wir sahen ihn aber später in den alten Steinbrüchen am unteren Teil der neuen Hauensteinstrasse, in denen die Grenze zwischen den obersten Schichten des Hauptmuschelkalkes und den untersten Schichten des « oberen Dolomites » leicht erkennbar ist.

Wir überzeugten uns nicht nur davon, dass der Hauptmuschelkalk in diesem Profil normal liegt, und dass er höchstens 30 m. mächtig ist, sondern auch davon, dass darin keine Spur eines mittleren Dolomiten vorkommt. Diese Mächtigkeit muss auch für den Muschelkalk des unmittelbar benachbarten Gebietes des Hauensteintunnels gültig sein. Es ist also nicht möglich, dass die Angabe Gresslys und der grossen Expertenkommission, die unmittelbar nach Vollendung des Hauensteintunnels die Frage der Herkunft der grossen im Tunnel auftretenden Quellen begutachten musste, richtig sei, dass nämlich der Muschelkalk im Hauensteintunnelgebiet eine Mächtigkeit von circa 100 m. besitze, und dass mitten darin ein « mittlerer Dolomit » von circa 30 m. Mächtigkeit vorkomme. Damit fallen auch die von Gressly und der Kommission auf diese Mächtigkeit und auf die Annahme eines « mittleren Dolomites » begründeten Profile dahin. Gressly hatte die Mächtigkeit des Muschelkalkes früher noch höher (circa 250 m.) geschätzt, scheint aber selbst nachher von all diesen Annahmen zurückgekommen zu sein.

Wir stiegen nun durch die Bitzhalde (soll wohl richtiger heissen « Gypshalde ») ganz in die tiefste Thalsohle und zu der Stelle ab, wo sich die beiden von Adliken und von der Pulvisei herkommenden Bächlein vereinigen. Dort tritt an der Grenze zwischen dem unteren Hauptmuschelkalk und dem darunter, allerdings gerade da nicht sichtbaren aber westlicher aufgeschlossenen « unteren Dolomit » eine ziemlich starke Quelle hervor, deren Entstehung sich leicht aus dem Umstande erklärt, dass der zerklüftete Hauptmuschelkalk für Wasser sehr durchlässig, der untere Dolomit mit samt dem darunterliegenden Salzthon aber undurchlässig ist und dass die besuchte Stelle der tiefste Punkt ist, wo die Grenze zwischen diesen beiden Schichtenkomplexen vom Thalweg durchschnitten wird.

Unter ganz ähnlichen Umständen sind s. Z. die circa 2000 Minutenliter (in nassen Zeiten weit mehr) führende Quelle

Digitized by Google

des «Gypsbaches» und die sog. «Färberquelle» entstanden, die vor Erstellung des Hauensteintunnels westlich der alten Hauensteinstrasse am untern Waldrand des Nordabhanges der Krairüti auftraten, dann aber versiegten, weil sie im Tunnel austraten, aus dem sie durch einen besonderen Wasserabzugstollen wieder dem Homburgerthal zugeleitet werden mussten.

Wir besuchten die Quellorte dieser versiegten Quellen und kehrten wieder zum nördlichen Ende des Hauensteintunnels zurück zur Besichtigung der **Schuppenstruktur am Nordrand des Ketten-Jura**. Indem wir von da aus durch den *Gsieggraben* hinaufstiegen und auch Abstecher zu den Aufschlüssen an den beiden Wegen machten, die östlich und westlich des Grabens zur Höhe hinaufführen, und indem wir uns hiebei der Verhältnisse des normalen Muschelkalkprofils oberhalb des Gypswerkes Ruf & Cie erinnerten, erkannten wir als zweifellos, dass alle in dem Gsieggraben und beiderseits desselben auftretenden Muschelkalkkomplexe der Krairüti, der Weid und der Oferhalde normal und direkt übereinander liegen.

Es liegt also hier eine **Schuppenstruktur des Muschelkalkes** vor, in der sich, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der frühern Beobachtungen während des Baues des Tunnels, sieben Schuppen unterscheiden lassen. Aus dem Umstande, dass die Schuppen direkt übereinander liegen, möchte man schliessen, dass die Ueberschiebung der Schuppen übereinander erst nach der Erosion der ursprünglich auf den Schuppen liegenden jüngeren Formationen stattgefunden habe. Doch ist das nicht unbedingt notwendig; die Lagerungsverhältnisse lassen sich auch als notwendige Folgen der Aufstauung an der Grenze zwischen dem Südrand des Tafel-Jura und des darüber geschobenen Ketten-Jura, resp. als notwendige Folge der Aufwölbungen auffassen, wobei die ursprüngliche Ausdehnung in horizontaler Richtung in den oberen Schichten durch Aufwölbung, in den unteren Schichten desselben Profils durch Ueberschiebung vermindert, und in demselben Masse die Gesteinsmassen gehoben, aufgestaut, wurden.

Die Thatsache, dass die Muschelkalkschuppen normal übereinanderliegen, ist jeweilen da ganz besonders deutlich, wo die Unterlagerung der splitterigen Bänke des untern Hauptmuschelkalkes durch den weichen «unteren Dolomit» die Bildung von kleinen Wasserfällen bedingt hat.

Digitized by Google

Es wurden folgende Stellen besucht: Unterster Wasserfall im Gsieggraben und Mulde im Hauptmuschelkalk; darüber am westlichen Wege « oberer Dolomit »; Ueberschiebung des Südschenkels der Mulde im Graben durch südfallenden Hauptmuschelkalk mit wechselndem Streichen, aber mit auffallend geringer (vielleicht infolge früherer Erosion oder von Abscherung während des Ueberschiebens reduzierter) Mächtigkeit; zweitunterster Wasserfall im Graben; Verwerfung zwischen dem oberen Dolomit der zum zweiten Wasserfall gehörenden Muschelkalkschuppe als tieferem nördlichen Flügel und einer südlichen höheren Muschelkalkschuppe. Wechsel im Streichen zwischen den unteren und oberen Schuppen. Mächtige Entwicklung des « oberen Dolomites » im Graben zwischen Gsieg und Auchfeld. Drittunterster Wasserfall: Stelle des früheren Schachtes Nr. III in « oberem Dolomit » auf dem Auchfeld. Stauungen im unteren Teil des Hauptmuschelkalkes der Schuppe der Weid am östlichen Wege. Ueber dieser Schuppe am Wege « oberer Dolomit ». Wenig höher « unterer Dolomit » unter dem viertuntersten, resp. dem obersten Wasserfall des Grabens, überlagert von den obersten Muschelkalkschuppen. Die Stelle bei *Muren*, wo über der obersten Schuppe in der Nähe eines Tuffabsatzes vor der Anlage des Tunnels eine warme Quelle « armdick » aus « Lettenkohle » ausgeflossen sein soll, konnte wegen Mangel an Zeit nicht mehr besucht werden.

Wir gingen über die « Weid » nördlich Oferhalde, zur « alten Hauensteinstrasse » hinüber. Wo der Weg in letztere einmündet, fanden wir « unteren Dolomit » unter Hauptmuschelkalk mit Stauungsfaltung, d. h. einer kleinen Wölbung mit nördlich vorliegender Aufknickung. Diese in früheren Gutachten wiederholt citierte Stelle ist für die Erklärung der tektonischen Verhältnisse dieser Gegend, die, wie die Geologen Desor, A. Escher v. d. Linth, Gressly und Vogt im Jahre 1862 mit Recht sagten, « in geologischer Hinsicht wohl zu den schwierigsten gehört, welche die Entzifferung des Jura überhaupt bietet, » sehr wichtig. Sie ist gewissermassen der Schlüssel zu der Auffassung aller älteren Autoren, von denen diese Wölbung als Scheitel eines grossen übergekippten Gewölbes angesehen worden ist, dessen Nordschenkel bis unter die Tunnelsohle hinabgehen und dann wieder zur Bildung einer nördlichen Mulde oder Falte aufsteigen sollte. Die schlagendste Widerlegung dieser Missdeutung ist die Thatsache, dass unmittelbar unter dem unteren Dolomit des wieder nordwärts aufsteigenden Teils des

Digitized by Google

Muschelkalkes oberer Dolomit in normaler Mächtigkeit ansteht und normal auf der Muschelkalkschuppe der Weid liegt.

Die Thatsache, dass der Muschelkalk der Oferhalde, wie die Profile angeben, aus zwei Schuppen besteht, ist zwar an der Terrainoberfläche nicht nachweisbar; sie muss aber nach den Wahrnehmungen beim Bau des Tunnels als sicher angesehen werden und wird auch durch die grosse Mächtigkeit der Gesteine der Oferhalde angedeutet. Es bleibt vorderhand der Phantasie überlassen, wie diese beiden Schuppen in den Profilen dargestellt werden können.

Das Profil längs der alten Hauensteinstrasse zeigt die östlichen Verlängerungen der im Gsieggraben beobachteten Schuppen der vorhandenen Trümmerhalden wegen nicht deutlich. Wir gingen also zur östlichen neuen Hauensteinstrasse hinüber, um dort bequem alle Schuppen in absteigender Reihenfolge zu studieren. Die Schuppen bilden ostwärts der Strasse streichende, wohl markierte Kanten und bedingen durch ihre Vorsprünge die wiederholten scharfen Biegungen der neuen Hauensteinstrasse. Wir fanden auch in diesem Profil die Behauptung bestätigt, dass alle Muschelkalk-Komplexe normal liegen. Wir prüften sie aber hier an der oberen Grenze des Hauptmuschelkalkes. An dieser fanden wir stets im untersten Teil des oberen Dolomits eine Schicht mit knolligen Feuersteinkoncretionen, darunter dichten Muschelkalk mit 1—2 Terebratelbänken, zwischen und unter denen körnig spätiger Encrinitenkalk liegt, zum Teil durch grüne Glankonitpunkte ausgezeichnet. Der obere Dolomit tritt in dem Profil längs der Strasse ebenso oft auf, als Komplexe von Hauptmuschelkalk auftreten; er gehört aber jedesmal zu dem darunter, nicht zu einem höher liegenden, umgekippten Hauptmuschelkalk, denn ein solcher ist zwischen dem unteren Teil der oberen Muschelkalkschuppe und dem oberen Dolomit im tieferen Teil des Profils nirgends nachweisbar. Bei Adlikon sahen wir die Stelle, wo im Jahre 1846 Köhly Steinsalz zu erbohren versucht, aber unter Muschelkalk, Salzthon und Gyps in einer Tiefe von 154 m. Lias, also den Südrand des Tafel-Jura angetroffen hat.

Dort besuchten wir noch im Hintergrunde des südlichen Thälchens einen Wasserfall, der ebenso wie die Wasserfälle des Gsieggrabens dadurch entstanden ist, dass hier der Hauptmuschelkalk normal von weichem leicht erodierbarem « unterem » Dolomit unterteuft wird. Wir überzeugten uns aber,

Digitized by Google

dass unter dieser Schuppe der « obere Dolomit » eines neuen Muschelkalk-Komplexes hervortritt, der nordwärts den Südabhang des Wisenberges bildet.

Zweiter Zweck des ersten Vormittags: Besichtigung der auf den Südrand des Tafel-Jura aufgeschürften Fetzen von Hauptrogenstein und Malm und der darunter liegenden tertiären Ablagerungen des Tafel-Jura.

Reihenfolge der Beobachtungen:

Wir gingen über Gsteig zum Hagacker und Grossacker. Im unteren Teil der Aecker trafen wir den Rogenstein nur in Form grosser Blöcke, so stark aderklüftig, dass es schwierig war, ein für Rogenstein typisches Handstück daraus zu schlagen. Die Blöcke sind also nicht Erosionsreste eines früher über dem Muschelkalk gelegenen, jetzt völlig erodierten Hauptrogensteins des mittleren Dogger, sondern vom Südrand des Tafel-Jura, aus der Tiefe unter Quetschung aufgeschürfte Stücke, die durch Erosion des darüber geschobenen Muschelkalkes wieder entblösst worden sind. Nördlich der Krämerrüti bildet der Hauptrogenstein zusammenhängende Komplexe und liegt in verkehrter Lage auf Malm und Süsswasserkalk, unter denen im Kirchacker und Rotacker wieder Jura-Nagelfluh, tertiäre gelbe Mergel, weiche Sandsteine und Süsswasserkalk in normaler Lage auf Malm und Dogger folgen.

Die Gerölle der Jura-Nagelfluh sind sehr manigfaltig; sie stammen aus allen Stufen der härteren Gesteine der Trias- und der Juraformation; besonders zahlreich, ja überwiegend, sind hier Muschelkalkgerölle. Daneben finden sich aber auch Gerölle von Buntsandstein und krystallinischer Gesteine des Schwarzwaldes, ferner Gerölle des tiefer unten in der Nähe anstehenden Süsswasserkalkes.

Inzwischen war es bereits 2 Uhr geworden; die Fragen, «ob jemand noch weitere Auskunft wünsche oder Bemerkungen machen wolle, oder gegen die Behauptungen betreffend den Bestand der Thatsachen oder die bezüglichen Deutungen etwas einzuwenden habe, » die bei jedem Aufschluss am Schluss der Demonstrationen an die Teilnehmer gerichtet wurden, fanden keine Erwiederung mehr. Allen war jetzt das treffliche **Mittagsmahl im Bade Ramsach** sehr willkommen.

Digitized by Google

Zweck der Nachmittags-Exkursionen: Besichtigung der Gestaltung des Südrandes des Tafel-Jura, d. h. der Aufstauungen, die er bei der Ueberschiebung durch den Nordrand des Ketten-Jura erlitten hat.

Vom Bade Ramsach aus besuchten wir zunächst einen kleinen Steinbruch beim Homberghof in Varians-Schichten und oberem Hauptrogenstein. Dieser bildet auch den Grat, der sich südlich der Langweid zum ersten Tunnel nördlich Läufelfingen hinabzieht und dort durch zwei kleine Erosionsthälchen derart schief durchschnitten wird, dass man Verwerfungen vor sich zu sehen glaubt und dass die untere Grenze des oberen Hauptrogensteins gerade beim südlichen Tunneleingang, die obere Grenze im Hirzenfeld liegt. Von da stiegen wir zum westlichen Ende des Scheitels des wesentlich von unterem Hauptrogenstein gebildeten Gewölbes des Homberges hinan. Infolge der Erosion der Fortsetzung des Gewölbes in die westliche «Hasenhubelkette» befindet sich hier ein Steilabsturz, von dessen Oberkante aus man eine prächtige Aussicht geniesst. In geologischer Beziehung besonders interessant ist der Ausblick auf die Lagerungsstörungen auf der Westseite des Homburgerthales, auf die Erosionserscheinungen dieses Thales im allgemeinen und speziell auf die Erosion des Muschelkalkes im Ueberschiebungsgebiet von Läufelfingen, welche die Bildung des dortigen tiefen Thalkessels bedingt hat; ferner auf das westliche Grenzgebiet zwischen dem Ketten- und dem Tafel-Jura. Man erkennt hier deutlich, dass die westliche Fortsetzung des Homberggewölbes jenseits des Homburgerthales aufgerissen und dass der Südschenkel des Gewölbes über den tiefer liegenden Nordschenkel, resp. über den aufgebogenen Südrand des nördlichen Teils des Tafel-Jura (das Gewölbe selbst bildete den südlichen Teil des Tafel-Jura) aufgeschoben ist. Noch weiter westlich sind die Ueberschiebungsklippen des Gling, Horni, Balsberg und Brand, sowie der steile Nordabfall des Ketten-Jura, und nördlich davon die Steinegg-, Wisig- und Blauenkette sichtbar; ferner der infolge von Erosionen und Verwerfungen so unebene Basler Tafel-Jura, hinter dem im Westen die Vogesen aufragen. Oestlich von diesen erkennt man die Lage der Grabenversenkung der oberrheinischen Tiefebene, von wo aus zunächst ostwärts das Triasplateau des Dinkelberges und endlich im Norden und Nordosten des Aussichtspunktes der Horst der krystallinischen Gesteine des Schwarzwaldes emporragt, die süd- und ostwärts unter die

Digitized by Google

Sedimente des Tafel-Jura einschiessen. Die gegenseitigen Beziehungen dieser Gestaltungen wurden vom Leiter der Exkursion erläutert.

Wir stiegen sodann über den Rogenstein des steilen Nordschenkels des Homberggewölbes zum eigentlichen Tafel-Jura hinab und fanden am Fuss des Nordschenkels bei der Wannenweid bräunlich-gelbe tertiäre Mergel in horizontaler Lage.

Beim Schlossfeld sahen wir die senkrechten Schichten des Malmes und des Doggers des Nordschenkels des Homberggewölbes sozusagen direkt auf dem horizontalen tertiären Sandstein, Mergel und Jura-Nagelfluh des nördlichen Teils des Tafel-Jura aufruhen. Der direkte Kontakt ist durch Trümmer und Vegetation verdeckt. Der Höhenunterschied zwischen dem sichtbaren Fuss der vertikalen Rogensteinschichten und dem auch noch südwärts sichtbaren tieferen, horizontalen, tertiären Mergel beträgt jedoch bloss etwa 3 m. Es ist also unmöglich, hier eine Verbindung der vertikalen Rogensteinschichten mit dem tieferen am Babur anstehenden Teil desselben Nordschenkels anzunehmen, wenn auch selbstverständlich diese Gesteinsschichten vor der Zeit, da das Homberggewölbe über den Südrand des nördlichen Tafel-Jura hinübergeschoben worden ist, miteinander zusammengehangen haben. Nach Buckten abwärts liegen die tertiären Gesteine normal in transgredierender Lagerung auf unterem Malm, zum Teil aber auch direkt auf oberem Dogger.

Von Buckten längs der Landstrasse fanden wir im Babur die Schichten des unteren und oberen Hauptrogensteins bis zu den Varians-Schichten in einer Mächtigkeit von circa 80 m. Diese Schichten sind im nördlichen Tafel-Jura schwach südwärts geneigt, steigen aber von Buckten aus stark südwärts an, gewissermassen als aufgestülpter Südrand des flach vorliegenden Tafel-Jura und zugleich als Fuss des davon abgeschürften Nordschenkels des Homberggewölbes. Der Kern dieses Gewölbes ist im Thal und auf den beidseitigen Abhängen durch den unteren Dogger und Lias bis auf den Keuper hinab erodiert. Vom steilen mittleren Teil des Südschenkels des Homberges aus, auf dem die grossen Ruinen des Schlosses Homburg stehen, verflachen die Schichten gegen Süden, zugleich wird hier der Dogger durch unteren Malm und die oben erwähnten tertiären Schichten des Südrandes des Tafel-Jura überdeckt.

Da die Zeit drängte, mussten wir darauf verzichten, den

Digitized by Google

Ausgang des Stollens zur Rückleitung des « Gypsbaches » und der anderen Quellen im nördlichen Teil des Hauensteintunnels in den Homburgerbach unterhalb Läufelfingen zu besichtigen.

Rückfahrt ab Station Läufelfingen 6 Uhr 32 und zweites Uebernachten in Olten.

Beim gemeinsamen Nachtessen im Gasthof Frohburg offerierte Herr Dr. STINGELIN von Olten namens des dortigen Gemeinderates eine Batterie trefflichen Ehrenweines. Diese Liebenswürdigkeit wurde als Beweis einer freundlichen Gesinnung gegenüber Vertretern der Naturwissenschaften geziemend verdankt.

Zweiter Tag, Donnerstag den 8. August.

Siehe Profile I, II, III und V.

Zweck der Vormittags-Exkursion: Verfolgung der Grenze zwischen dem Ketten- und Tafel-Jura von Läufelfingen bis Oltingen; dann Durchquerung des Grenz- und Ueberschiebungsgebietes und des ganzen Juragebirges überhaupt von Oltingen nach Aarau.

Abfahrt mit dem ersten Zuge, 6 Uhr früh, nach Läufelfingen.

Reihenfolge der Beobachtungen:

Wir stiegen von der Station Läufelfingen aus über das Tertiär des Südrandes des Tafel-Jura bei der Kirche vorbei topographisch aufwärts, stratigraphisch abwärts bis dahin, wo das Tertiär auf dem unteren Malm und dieser auf dem oberen Dogger des Südschenkels des Homberggewölbes ruht, wendeten uns von da wieder zum Malm aufwärts und fanden auf dessen erodierter Oberfläche und damit innig verwachsen Süsswasserkalk unter gelben Mergeln und Jura-Nagelfluh.

Zur nochmaligen Feststellung der Verhältnisse an der Grenze des Ketten- und Tafel-Jura stiegen wir vom Rotacker aus durch den Waldweg bis zum überstehenden Muschelkalk hinauf. Im Waldweg und westlich davon trifft man aufgeschürften Dogger an. Der darüberliegende Muschelkalk des westlichen Ausläufers der Winterhalde und damit des Nordabhanges des Wisenberggrates bildet

Digitized by Google

hier, resp. westlich des Fussweges von Ramsach zur Hupp, eine Mulde, deren Nordschenkel circa 25° S, der Südschenkel circa 60° N geneigt ist. Südlich, resp. unter dem Südschenkel der Mulde, westlich der Passhöhe des Fussweges, erkannten die Exkursionsteilnehmer leicht unteren Dolomit und Salzthon. Das beweist trotz dem aufgeschürften Dogger, dass dieser überschobene Muschelkalk, wie schon A. Müller angibt, normal liegt und nicht übergekippt und verkehrt, wie es später Mösch, vorgefassten Gewölbetheorien zu lieb und in absichtlichem Gegensatz zur Annahme von Ueberschiebungen, in seinen Profilen fälschlich dargestellt hat.

Durch die gestrigen Erfahrungen gewitzigt, benutzte man heute die Gelegenheit zu einer Erfrischung im Bade Ramsach.

Nachher verfolgte man den Weg über die Mapprachweid nach Zeglingen. Die Stelle « Im Lind », wo der Badwirt von Ramsach Ruhebänke angebracht hat, bot neuerdings eine prächtige Uebersicht über den Basler und Aargauer Tafel-Jura und den nördlich davon gelegenen Schwarzwald. Anknüpfend an die gestrigen Demonstrationen auf dem Gipfel des Homberges wurde auch hier das Panorama besprochen und erläutert. Der Standpunkt liegt auf tertiären Mergeln, unter denen tertiäre Jura-Nagelfluh in der tieferen Wiese ansteht.

Soweit der Fussweg durch den Wald führt, ist der Boden von grossen Muschelkalktrümmern überschüttet. Jenseits des Waldes dagegen im oberen Teil der Bergmatt fanden wir unterhalb der nördlichsten Muschelkalkschuppe eine Mergelgrube, in der bunte Keupermergel unter Liaskalk mit *Gryphæa arcuata* und *obliqua*, sowie *Terebralula numismalis* aufgeschlossen ist. — Tiefer liegt wieder das Tertiär auf dem Malm der östlichen Fortsetzung der Hasenhubelkette.

An der auf der topographischen Karte mit « Sprüsel » bezeichneten Stelle wurde wieder ein kleiner Halt gemacht, denn von hier aus geniesst man eine prächtige Uebersicht über manigfaltige geologische Verhältnisse, nämlich:

1. Das östliche Profil des Wisenberges: ein Muschelkalkgewölbe mit unebenem, resp. geknicktem Südschenkel und in kleinere Mulden mit zwischenliegendem Gewölbe gegliedertem Nordschenkel. Es ist die nordöstliche Ausdehnung

Digitized by Google

des untersten Muschelkalkkomplexes des Hauensteingebietes. Da hier südlich ausser diesem nur der oberste Muschelkalkkomplex vorhanden zu sein scheint, könnte der Muschelkalk des Wisenberges eventuell als die Ausgleichung der übrigen Schuppen erscheinen, die hier direkt nordwärts vorgeschoben sein mögen.

2. Das aufgerissene Muschelkalkgewölbe mit vorliegender Mulde des Isenfluh-Kienberges.

3. Das östlich hievon gelegene Gewölbe des Leutschenberges mit nach Süden übergekipptem Südschenkel, die nördlich davor liegende Mulde der Sonnenhalde und die Muschelkalkschuppen von Neunbrunn, Zieghalde und Ziegfluh.

4. Die Ueberlagerung des Südrandes des östlichen Tafel-Jura durch den Ketten-Jura.

5. Den ganzen nördlich davon gelegenen Tafel-Jura bis zum Randen.

6. Die Thalweite südlich von Zeglingen, in der die ursprünglich vom Ketten-Jura überlagerte Tertiärdecke des Südrandes des Tafel-Jura bis zum Muschelkalkgrat des Kleinhölzli wegen völliger Erosion des Zwischenstückes des Ketten-Jura zwischen der Wisenfluh und der Ziegfluh blossgelegt ist. Wir dürfen also hieraus schliessen, dass der Tafel-Jura auch west- und ostwärts mindestens ebensoweit unter den Ketten-Jura, also unter den Wisenberg und unter die Muschelkalkschuppen östlich Zeglingen südwärts einschiesse.

Oestlich Zeglingen liegt die Fortsetzung der Hasenhubelkette bereits so tief, dass man davon nur noch den Scheitel erkennt, nämlich ein verhältnismässig mächtiges Felsband von Süsswasserkalk, das von der Mühle her gewölbeartig bis in den unteren Teil des Waldes unterhalb der Ziegfluh aufsteigt. Die tieferen Glieder des Gewölbes sind durch Muschelkalk-Trümmerhalde verdeckt. Zwischen den grossen Muschelkalkblöcken oberhalb des Gewölbes nordöstlich der Ziegfluh entspringt die jetzt gefasste Quelle des Eisbrunnens und liegen beim Spitzflühli die «Eislöcher,» in denen vor der Fassung der Quelle jeweilen bis in den hohen Sommer Eis gefunden worden sein soll.

Von da bis Oltingen ist die ganze Grenze zwischen Ketten- und Tafel-Jura leider durch Trümmerhalden verdeckt.

Nachdem sich die Gesellschaft der grossen Hitze und des langen Marsches wegen in Oltingen neuerdings erfrischt

Digitized by Google

hatte, galt es jetzt, über den Grat der Geissfluh nach dem Laurenzenbad hinüber zu steigen.

Die grosse gefasste Quelle bei der Grenze zwischen der tiefsten Muschelkalklage und den darunter liegenden roten Helicitenmergeln auf der Westseite des Thälchens südlich Oltingen, die von dieser Quelle auf der westlichen Thalseite abgesetzten Tuffmassen, sowie die Lagerungsstörung im zum « Rumpel » ansteigenden Tertiär des Tafel-Jura, infolge deren ein Grat von oberem Dogger südlich « Röte » mitten im Tertiär an die Oberfläche tritt, wurden nur vorübergehend erwähnt. Südlich hievon steigt das Rogensteingewölbe des « Klapfen » als östliche Fortsetzung der « Hasenhubelkette » unter der nördlichsten, normalliegenden Muschelkalkschuppe steil ostwärts auf. Der unter den Muschelkalk einschiessende Südschenkel dieses Gewölbes ist an der Strasse südlich des Baches über den wohl entwickelten Varians-Schichten noch von grauen Mergeln des untern Malm, von tertiärem Sand und ausserdem von vom Südrand des überschobenen Tafel-Jura her aufgeschürften, etwas glimmerigen, dunkeln Mergeln des Lias oder der Opalinusthone in einer Mächtigkeit von wenigen Metern bedeckt.

Sowohl westlich als östlich des oberen Teiles des Thälchens der Ergolz trafen wir ähnliche Muschelkalkschuppen mit typischen Knickungen, Faltungen, Ueberschiebungen und Erosionen, wie im Gebiete des Hauensteintunnels, doch weniger kompliciert als dort. Auch hier liegen die Schuppen normal.

Ueber der obersten Muschelkalkschuppe stiegen wir über Keuper (darauf, westlich « oberer Sennhof » 810 m. ü. M., etwas Gletscherschutt), Lias, Opalinusthone und unteren Dogger zum nördlichen Grat der Geissfluh. Auf dem höchsten, nordwestlichen Ende der Geissfluh und ebenso am westlichen Ende im « Rotholz » ist noch der obere Hauptrogenstein erhalten, während der grössere mittlere Teil des Grates und Südabhanges nur von unterem Hauptrogenstein gebildet wird. Das Fehlen des oberen Hauptrogensteins erkennen wir nicht nur an der Gesteinsart des Grates, (grober, graubrauner Oolith, während der obere Hauptrogenstein in dieser Gegend hell ockerfarbig, fein oolithisch und etwas spätig ist), sondern auch daran, dass der ganze Hauptrogenstein über dem Bajocien hier kaum 10 m. mächtig ist, während wir gestern am Babur die volle Mächtigkeit zu 80 m. hatten schätzen können.

Digitized by Google

Von da aus ostwärts längs des ganzen Nordabhanges bis zu den Saalhöfen besteht zwischen diesem Grate und der nördlich gelegenen Kante von Murchisonae-Schichten ein eigentümliches Thälchen; es ist bedingt durch ein Abrutschen des gesamten Rogensteins auf den dortigen Mergeln des Bajocien nach Süden. Geissfluh, Rotholz und Wasserfluh erweisen sich als die Sohle einer Mulde, deren Nord- und Südschenkel grösstenteils erodiert sind und von der ein südliches Stück, die Ramsfluh, durch ein Erosionsthälchen abgetrennt ist.

Sowohl von der Wiese oberhalb der Strittmatten aus, von der der Fussweg auf den Grat der Geissfluh hinaufführt, als von den Bergmatten oberhalb der Saalhöfe aus genossen wir einen sehr schönen und deutlichen Ausblick auf den Aargauer Tafel-Jura und speziell auf das Muschelkalkgebiet des Stellikopfes, des Räbli, der Eiholten, des Ockert und des Densbürer Strichens, die den über den Tafel-Jura hinübergeschobenen Nordrand des Ketten-Jura bilden. Indem wir über die waldige Höhe des Geissfluhgrates ostwärts gingen, bemerkten wir anfänglich nördlich des Weges, im östlichen Teil des Berges auch südlich des Weges, tiefe, breite Klüfte im Rogenstein, die offenbar, wie das oben erwähnte Längsthälchen nördlich des Grates, durch das ungleichmässige Absinken des Rogensteins auf den schlüpfrigen Mergeln des Bajocien nach Süden bedingt worden sind.

Nachdem wir zu dem tieferen Grat östlich der Passhöhe zwischen Erlinsbach und den Saalhöfen herabgestiegen waren, befanden wir uns auf den Spatkalken der Murchisonae-Schichten und damit auf dem stehen gebliebenen Teil des Gebirges, dessen höhere Schichten, also wenigstens der ganze Hauptrogenstein, südwärts zum Bärwald abgerutscht sind. Ueber diese Bergschlipfe gelangten wir zum Laurenzenbad hinab, dessen «indifferente», 17° C. warme Quelle, wie alle warmen Quellen des nördlichen Jura, aus Muschelkalk hervortritt.

Mittagessen im Laurenzenbad um 3 Uhr; dann Fahrt auf Leiterwagen nach Aarau zum Hotel Gerber Terminus.

Bei dieser Fahrt konnte auf die folgenden Erscheinungen nur flüchtig hingewiesen werden: Cölestin in Knauern der Opalinusschichten am Hinterrain; deutliches Auskeilen des oberen Hauptrogensteins am Grat der Egg-Brunnenberg von der Zwilfluh nach Ost. Roter (Athletaschichten) und

Digitized by Google

gelbbrauner (Cordatusschichten) Eisenrogenstein im « Erzloch », einer früheren Eisenausbeutungsstelle im Breitmis, wovon Schlacken im Alluvium des benachbarten « Erzbaches »; Steinbruch in oberem Hauptrogenstein am Südabhang der Zwilfluh. Nahe dabei eine grosse Ueberfallquelle, gefasst zur Wasserversorgung von Erlinsbach. Fast unvermitteltes Aufhören der Gugenkette auf der westlichen Thalseite. Cementsteinbrüche in Unter-Erlinsbach. Bohnerz mit alten Stollen und Schächten auf dem Hungerberg.

Zweck der Abend-Exkursion: Besichtigung einiger diluvialer Aufschlüsse zwischen Aarau und Entfelden speziell zum Nachweis der Beziehung der Moränen der grössten Vergletscherung zu den Schottern der Hochterrasse, resp. der Auf- und Anlagerung jener Moränen über Erosionsflächen auf Hochterrassen-Nagelfluh.

Siehe die Profile IV, XII, XIII, XIV und XV.

Reihenfolge der Beobachtungen:

Wir stiegen auf schwach ostwärts geneigten Geissbergschichten zum Steinbruch im « Zelgli » = Hasenberg hinauf, auf dessen erodierter Oberfläche wir zunächst verwitterte kiesige Grundmoräne und darauf Löss antrafen. Nun stets durch schattigen Wald am städtischen Wasser-Reservoir und an Einsturztrichtern an Stellen von ausgewaschenen Bohnerz- und Huppererde-Gängen in Malm unter Diluvium vorbei zu der *Kiesgrube beim Bruderhaus* am Waldweg vom Wallenland südlich Unter-Entfelden nach Schönenwerd, nördlich des Punktes 432 des Blattes 152 der topographischen Karte. Tafel 3 gibt in Figur XII eine Ansicht dieser interessanten Kiesgrube, vom oberen westlichen Teile her. Dort ist in der Kiesgrube Hochterrasse im westlichen höheren Teil, deren Sohle aber erheblich tiefer liegt als der östliche Eingang zur Grube, in einer Mächtigkeit von circa 15 m. erschlossen. Der Kies ist namentlich im östlichen niederern Teil am Eingang zur Grube und an der oberen Grenze zu Nagelfluh verkittet. Die Gerölle sind meistens Alpenkalk, Gerölle der alpinen Nagelfluh und überhaupt sedimentäre Gesteine der Vor- und Kalkalpen, wenig Granite aber keine Kalke des Juragebirges und keine Walliser Gesteine. In der Höhe von 12 m. über der Sohle zieht sich lokal eine circa 30 cm. dicke Lage von gelbem sandigem Lehm durch. Früher wurde auch im tiefsten Teil der Grube eine lokale 20 cm.

Digitized by Google

dicke Lage von rotem Lehm bemerkt. Im westlichen Teil ragt der Kies bis an die Bodenoberfläche hinauf und ist dort 1—2 m. tief verwittert. Im mittleren und östlichen Teil ist eine circa 8 m. mächtige Lage von Kies erodiert. Der westliche Teil der Erosionsfläche ist schief und sehr uneben. Hier ist der Kies zu Nagelfluh verkittet; die Gerölle dieser Nagelfluh sind auf der Erosionsfläche wie das ganze Gestein abgeschliffen. Oberhalb dieser Erosionsfläche und von derselben scharf abgegrenzt liegt eine circa 6 m. mächtige Grundmoräne, die durch und durch stark verwittert ist. Die Verwitterungsgrenze fällt mit der Grenze gegen die darunter liegende Hochterrassen-Nagelfluh zusammen; letztere ist nicht, resp. unerheblich verwittert. Im hintersten Teil der Grube, wo der Kies der Hochterrasse so hoch liegt wie die oberste Lage der Moräne, ist der Verwitterungszustand beider Ablagerungen ungefähr gleich stark. Die Grundmoräne enthält viel lehmigen Sand; die Geschiebe sind grösstenteils auch Gesteine der Kalkalpen, dabei fallen aber viele und grosse Kalke des westlichen Juragebirges auf und kommen auch wallisische Gesteine vor. Die Geschiebe sind sehr deutlich gekritzt und zum Teil sehr grob, sogar blockartig. Namentlich sind Blöcke von tertiärem Sandstein, ähnlich den Knauern der Knauermolasse zu bemerken.

Es ist also zweifellos, dass zuerst der Kies der Hochterrasse abgelagert worden ist, dass dann ein Teil dieses Kieses zu Nagelfluh verkittet wurde und dass erst nach der Verkittung die Erosion eines grossen Teils des Kieses stattgefunden hat. Erst nachher ist dann die Moräne in die durch Erosion gebildete Vertiefung, resp. auf der erodierten Oberfläche der Hochterrasse ab- und angelagert worden. Entsprechend der Erhebung des Hügels im Westen der Kiesgrube (bis über 460 m. ü. M.) kann man annehmen, dass der Kies ursprünglich noch erheblich mächtiger gewesen sein möge und zwar um so mehr, als man auf der ganzen Ostseite des dortigen Bächleins, soweit Aufschlüsse vorhanden sind, dieselben Terrainverhältnisse, Moräne auf Kies, antrifft. Immerhin ist es auch möglich, dass der Hügel innen aus Molasse besteht. Demgemäss ist auch die Erosion der Hochterrasse beträchtlicher gewesen als sie in der Kiesgrube erscheint. Es hat also die Verwitterung des Hochterrassenkieses an der Oberfläche des westlichen höheren Teils der Grube erst gleichzeitig mit derjenigen der angelagerten Moräne beginnen können. Daher ist es ganz natürlich, dass trotzdem die Hochterrasse und die Moräne ganz heterogene Bildungen sind, ihr Verwitte-

Digitized by Google

rungszustand dort, wo beide in gleicher Weise der Verwitterung ausgesetzt waren, übereinstimmt. Ebenso natürlich ist es aber auch, dass die Hochterrasse unter der Moräne noch nicht verwittert ist.

Eine Verwitterungsschicht der Hochterrasse, die mutmasslich vor der Erosion vorhanden gewesen sein wird, ist eben durch diese Erosion entfernt und die Moräne auf den noch unverwitterten Kies der Hochterrasse abgelagert worden. Der Umstand, dass der oberste Kies unter der Moräne nagelfluhartig verkittet ist, musste dazu beitragen, ihn vor der Verwitterung zu schützen. Man muss also Moräne und Hochterrasse nicht nur als verschiedenartige, sondern auch als verschiedenalterige Bildungen betrachten. Der Umstand, dass die Hochterrasse unterhalb der Moräne nicht verwittert ist wie diese, spricht nicht im mindesten für die Gleichalterigkeit beider Bildungen. Aber wohl spricht die beträchtliche Erosion der Hochterrasse und deren Verkittung zu Nagelfluh, worauf erst die Gerölle der Nagelfluh mit dieser abgeschliffen werden konnten, dafür, dass zwischen beiden Ablagerungen eine lange Zeit der Erosion geherrscht haben muss. Denn das ist klar, dass die Hochterrasse nicht nur an diesem Westabhang des Suhrthales so hoch aufgeschüttet worden ist, sondern dass die Aufschüttung ursprünglich durch die ganze Thalbreite und Thallänge bis auf die gleiche Höhe stattgefunden hat. Das wird durch das Vorkommen von Erosionsresten von Hochterrassen auf beiden Thalseiten dargethan. Um so beträchtlicher ist die Erosion gewesen und um so länger hat die Zeit der Erosion dauern müssen. Man muss also für die Geschichte der Entwicklung dieser Verhältnisse folgende Stadien annehmen:

1. Aufschüttung der Hochterrasse in der ganzen Breite und Länge des Suhrthales bis auf das oberste Niveau der Hochterrasse in dem betreffenden Thalabschnitt; diese Aufschüttung konnte nur stattfinden während einer Zeit, da ein Gletscher, der die betreffenden Gesteine aus den Alpen herbeitransportiert hat, einerseits bereits über die Seen am Nordfuss der Alpen vorgerückt war, aber anderseits die Stellen, wo der Hochterrassenkies abgelagert ist, nicht erreichte. In diesem Fall muss er ein aus dem Reussthal herkommender Gletscher gewesen sein.

2. Erosion der Hochterrasse bis auf die kleinen noch vorhandenen Reste an den beiden Thalseiten und Verkittung des Kieses. Man kann zwei Ursacheu dieser Erosion an-

Digitized by Google

nehmen; entweder ist sie die Folge davon gewesen, dass der Gletscher sich wieder hinter die Randseen zurückzog und die nicht mehr mit Kies überladenen Gewässer wieder erosionskräftig wurden; oder der Gletscher, der später nicht nur über dieses Gebiet, sondern auch über den ganzen Jura vorgedrungen ist, hat die Erosion durch Ausschürfung seines Untergrundes bewirkt. In diesem Falle hätte aber wahrscheinlich derselbe Gletscher, der den Hochterrassenkies herbeigebracht hat, auch das Moränenmaterial ablagern müssen, nämlich der Reussgletscher. Wir haben aber oben dargethan, dass die Moräne von einem Gletscher herbeitransportiert worden sein muss, der vom westlichen Juragebirge sich herbewegt hat, also vom Rhonegletscher. Die Hypothese der Ausschürfung der Hochterrasse durch die Gletscher erscheint mir also nicht wahrscheinlich, obschon ich selbst sie früher ausgesprochen und vertreten habe; ich ziehe, bessere Belehrung vorbehalten, die erste Hypothese jetzt um so eher vor, als auch die anderen analogen Thatsachen im Aargau sich einfacher durch jene erste Hypothese erklären lassen.

3. Erst nach der Erosion ist dann durch den über diese Stelle (bis über den Aargauer Jura, bis Wildegg und bis an die Vereinigung von Aare und Rhein) vorrückenden Rhonegletscher während der grössten Vergletscherung der Schweiz die Moräne auf der erodierten Hochterrasse abgelagert worden.

4. Der freigelegte, nicht von Moräne bedeckte Kies der Hochterrasse und die Moräne verwitterten unter dem Einfluss der Atmosphärilien von ihrer Oberfläche aus, soweit sie nicht nachträglich von Löss oder jüngeren Ablagerungen überdeckt und geschützt wurden.

Mit dieser Darstellung stimmen die Verhältnisse in den benachbarten Kies- und Lehmgruben überein, die wir der beginnenden Dunkelheit wegen allerdings nicht mehr genügend beobachten konnten, nämlich:

Die Kiesgrube südlich der Moosäcker. Sie entspricht ihrer Höhenlage gemäss dem Hochterrassenkies der Grube beim Bruderhaus, unterscheidet sich aber von derselben durch den höheren Grad der Verwitterung, durch unregelmässige Einlagerungen von Sand und überhaupt durch deutliche Stauchungserscheinungen.

Die Lehmgrube in den Moosäckern. Hier wird lettige Grundmoräne (d. h. grauer kalkhaltiger Lehm) zur Ziegel-

Digitized by Google

fabrikation ausgebeutet. Die Gesamtmächtigkeit der Grundmoräne (mit Einschluss des Teils, der wegen Unreinheit und zu tiefer Lage nicht ausgebeutet werden kann) beträgt circa 10 m. Darunter liegt Kies der Hochterrasse auf ähnlichem Niveau wie im vorderen Teil der Kiesgrube beim Bruderhaus.

Ganz analoge Verhältnisse der Lagerung und des Niveaus herrschen auf der Nordseite des niederen Höhenzuges im Roggenhauserthälchen, durch das wir in der Dunkelheit zurückkehrten. Die Hochterrasse liegt nicht nur in derselben Höhe wie südlich, sondern sie ist auch zum grössten Teil zu Nagelfluh verkittet und trägt auf ihrer Oberfläche im oberen Teil des Roggenhauserthälchens nächst den Moosäckern lehmige, auf der Westseite des unteren Teils des Thälchens vorzugsweise kiesige Grundmoräne und auf dieser noch Löss. Eine starke Quelle, die auf der Ostseite des Hintergrundes des Thälchens unter dem Lehm über der Nagelfluh hervortritt, beweist, dass ostwärts höher noch durchlässiger Kies in erheblicher Ausdehnung und Mächtigkeit vorkommt.

Eine Hypothese, welche den Thatbestand in der Kiesgrube beim Bruderhaus (Profil XII) erläutern will, muss natürlich auf alle benachbarten Verhältnisse passen, speziell auch auf den Thatbestand der im Profil XIII durch die *Kiesgrube an der Buchserstrasse bei Aarau* dargestellt ist. (Die Grube wird leider nicht mehr betrieben, der Aufschluss ist verschüttet.) Dort liegt unten mehrere Meter mächtiger verwitterter Hochterrassenkies; darauf einzelne durchaus frische, wallisische erratische Blöcke und auf diesen und der Hochterrasse, Kies der Niederterrasse, auf den verschwemmter Löss gelagert ist. Der oberste Kies ist etwa einen Meter tief stark verwittert. Das ursprüngliche Aufschüttungsniveau der Hochterrasse liegt beim steinernen Tisch am Gönhard circa 403 m. ü. M., während das obere Niveau der verwitterten Hochterrasse in dieser Kiesgrube nur circa 387 m. ü. M. liegt. Im ungefähren Betrage der Höhendifferenz, also circa 26 m., muss daher hier und natürlich in der ganzen circa 3 km. betragenden Breite des Aarethales die Hochterrasse erodiert worden sein; dann muss erst noch eine Zeit der Erosion und Verwitterung gefolgt sein, die mindestens ebensoviel mal länger dauerte, als seit der Aufschüttung der Niederterrasse bis heute verflossen ist, wie der Hochterrassenkies tiefer verwittert ist als die Oberfläche der Niederterrasse. Erst dann kann die Ablagerung

Digitized by Google

der erratischen Blöcke bei Anlass der grössten Vergletscherung erfolgt sein (nachdem vielleicht sogar noch höhere Verwitterungslagen erodiert worden sind), worauf zuletzt die Niederterrasse abgelagert und seither wieder terrassenförmig bis auf die heutige Thalsohle hinab erodiert wurde. Nach der Erosion der Hochterrasse muss deren Oberfläche also lange Zeit blossgelegen haben und der Verwitterung ausgesetzt gewesen sein. Erst viele Jahrtausende nach der Erosion können die grossen Gletscher die erratischen Blöcke herbeigebracht haben. Die Zeit der grössten Vergletscherung kann also nicht unmittelbar auf die Ablagerung der Hochterrasse gefolgt sein. Hochterrassenzeit und grosse Eiszeit sind durch eine interglaciale Erosions- und Verwitterungszeit von einander getrennt. — Siehe F. MÜHLBERG, *Der Boden von Aarau*, 1896, S. 51 bis 56[1].

Im Exkursionsprogramm war noch vorgesehen: Besichtigung der verlassenen grossen Kiesgrube des Roggenhauserthälchens in Hochterrasse (mit zwei distinkten Lagen, die obere, 10 m. mächtig, grob, angewittert, nagelfluhartig, mit infolge von Kalksinterbildung gequetschten Geröllen, im Niveau der Nagelfluh obiger Lehmgruben; die untere feiner, lose, frisch, lokal von der oberen durch eine Lage Letten mit Konkretionen auf der Oberfläche getrennt; an anderen Stellen kommen im gleichen Horizont stumpfkantige, bis 40 cm. messende Malmbrocken vor); des Lösses und der Niederterrasse in der Wöschnau, sowie des der Niederterrasse angelagerten Tuffsandes des «Galgenhügels» mit recenten Landschnecken und Pisidien; darauf die Gebeine der vor Zeiten auf dieser Richtstätte gehenkten Verbrecher; am Mühlerain, östlich der Wöschnau, Löss kaum 18 m. über Aareniveau, also erheblich unter dem Niveau der Niederterrasse auf Nagelfluh (eines Erosionsrestes von Hochterrasse?) Allein, es war bereits 9 Uhr abends geworden und die Dunkelheit angebrochen.

Uebernachten in Aarau im «Hotel Gerber».

[1] Ich erwähne bei diesem Anlass, dass ich in der neuen, östlich der Strasse von Aarau und Buchs nach Suhr südlich des Pulverhauses gelegenen Kiesgrube mitten in Niederterrasse merkwürdigerweise mehrere grosse (bis 3 m. messende) Blöcke von diluvialer Nagelfluh gefunden habe. Sie waren unregelmässig gestaltet, lagen schief, und eine ihrer Breitflächen war jeweilen mitten durch die Gerölle abgeschliffen, aber nicht gekritzt.

Digitized by Google

Dritter Exkursionstag, Freitag den 9. August.

Siehe die Profile V und VI.

Zweck: Durchquerung der einzigen Kette des östlichen Jura zwischen Brugg und Birmensdorf; hauptsächlich aber Besichtigung der wichtigsten diluvialen Ablagerungen des unteren Reussthales zwischen Brugg und Mellingen, speziell zur Ermittlung der Beziehung zwischen den Moränen der grössten Vergletscherung und dem Hochterrassen-Schotter, mit Bezug auf die Lehre: die grösste Vergletscherung bis über die höchsten Höhen des Aargauer Jura und über den Aargau hinaus ist eher der Vorläufer der Zeit der Vergletscherung bis zu den Wallmoränen der Niederterrasse der dasigen Thäler, als das zweite Stadium der Periode der Ablagerung der Hochterrasse, wofür sie von den meisten Autoren bisher gehalten worden ist.

Abfahrt von Aarau nach Brugg 5 Uhr 58 Min. früh.

Reihenfolge der Beobachtungen:

Beim Marsch über Königsfelden durch das Profil der Lägernkette auf dem rechten Ufer der Reuss, von Windisch bis Birmensdorf übersahen wir vom Plateau von Königsfelden aus die topographisch, hydrographisch und geologisch höchst wichtige Stelle, wo die drei grössten Flüsse der nördlichen Schweiz, Aare, Reuss und Limmat zusammenkommen, um etwa 12 km. nördlich ihrer Vereinigung sich auch noch mit dem Rhein zu verbinden. Dass an dieser Stelle schon vor der Aufstauung des Juragebirges dieselben Gewässer zusammengeflossen sind und bald (während der Zeit, da die Gletscher über die Seen am Nordfuss der Alpen vordrangen und den Verwitterungsschutt der Alpen über die Seen hinaustrugen) Kies aufschütteten, bald (während der Zeit, da die Gletscher hinter die Seen zurückgegangen waren, also der Verwitterungsschutt der Alpen in den Seen abgelagert wurde und die aus den Seen abfliessenden Gewässer nicht mit Kies belastet waren) beträchtliche Erosionen bewirkten, geht einerseits daraus hervor, dass in diesem Gebiet Schotter aus allen Aufschüttungsperioden vorkommen, anderseits aber auch daraus, dass der ganze Teil des Juragebirges, der zwischen der Limmat, Reuss und Aare liegt, durchweg bedeutend stärker erodiert ist, als der westliche und östliche Jura. Die Kammhöhe des westlichen Jura ist circa 750 m., die

Digitized by Google

der östlich der Limmat gelegenen Lägern im westlichen Teil circa 800 m., im östlichen Teil sogar 850 m., während zwischen der Aare und Limmat die Habsburg nur 513 m., der Eitenberg 505 m. und die Baldegg nur 572 m. erreichen. Auch die Thäler sind auf- und abwärts von Brugg relativ breit; im westlichen Jura gibt es überhaupt kein dem Aarethal von Brugg bis Koblenz entsprechendes Thal.

Ohne Zweifel lag die Thalsohle der Aare vor der Aufschüttung der Niederterrasse bei Brugg erheblich südlicher als jetzt; sie ist erst während der Erosionszeit nach der Ablagerung der Niederterrasse in den engen Laufen zwischen den schwach südwärts geneigten Malmkalk nördlich Brugg gebannt worden, indem sie sich schon bei Beginn der Erosion nach der Aufschüttung der Niederterrasse auf der Nordseite des Aarethales in festen anstehenden Fels derart einfrass, dass sie das jetzige Bett seither nicht mehr verlassen und verlegen konnte. Hieraus erklärt sich, dass an dieser Stelle die Niederterrasse sehr wenig erodiert ist und dass eine relativ hohe Terrasse der ganzen Länge des Laufens nach bis an die Aare hinanreicht, während oberhalb und unterhalb des Laufens beiderseits der Aare breite und tiefe Thalsohlen vorhanden sind.

Wir konnten von unserem Standpunkt aus sehr schön den Niveau-Unterschied der beiden Deckenschotter, des höheren älteren auf dem Siggisberg einerseits und des (von mir schon 1896 in der Arbeit über den *Boden von Aarau* als solchen bezeichneten) tieferen jüngeren Deckenschotters des Gebensdorferhornes und des Bruggerberges anderseits unterscheiden. (Die höhere Lage des Deckenschotters des Siggisberges ist von mir allerdings erst einige Jahre später anlässlich der geologischen Kartierung jenes Bergrückens erkannt worden. Sie wurde auch durch den an der Exkursion teilnehmenden Hrn. Prof. Dr. BRÜCKNER hervorgehoben.)

Von Königsfelden aus besichtigten wir zunächst die Austermolasse bei Oberburg, Niederterrasse auf Meeresmolasse am Fahrrain und charakteristische Erosionsterrassen in Niederterrasse bei Fahr-Windisch und stiegen dann auf das Aufschüttungsniveau der Niederterrasse und höher zu den Resten einer an den Berg gelagerten Hochterrasse im Birchhölzli. Am Weg nach Birmensdorf trafen wir « Im Gamper » untere Süsswassermolasse, Bohnerz und Malm des Nordschenkels der Lägernkette. Der untere Malm, Effingerschichten, zeigt sich in der ganzen Breite von « Im

Digitized by Google

Gamper» bis zum Steckfeldholz. Im letzteren ist er in kurzer Distanz gleichsinnig überlagert vom südfallenden Muschelkalk des Südschenkels der Kette. (Im oberen Teil des Steckfeldholzes jedoch, im Streichen dieses Komplexes der Effingerschichten liegt ein Komplex Muschelkalk und an der « Mooshalde » Grundmoräne der grössten Vergletscherung über dem Niveau der Hochterrasse.)

Unter der kundigen Führung des Hrn. Förster ZEHNDER von Birmensdorf stiegen wir nun westlich der Lettenzelg über das hohe, von Niederterrasse gebildete Steilufer zur Reuss hinunter, um die graue, lettige Grundmoräne zu besichtigen, die bis circa 2 m. über dem damaligen ziemlich hohen Reusspiegel infolge von Abrutschung der sie sonst verdeckenden Trümmerhalde unter der hohen Kiesmasse der Niederterrasse blossgelegt war. Hrn. AMSLER gelang es, darin ein winziges, poliertes und gekritztes Geschiebe von schwarzem Alpenkalk zu finden. — Es fehlte uns die Zeit, und zudem war der Wasserstand der Reuss zu hoch, als dass wir die Ausdehnung der Grundmoräne längs der beiden Reussufer hätten verfolgen können. Sie ist aber auf der *Quellenkarte der Umgebung von Brugg* eingezeichnet, die allen Teilnehmern an der Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Zofingen als Beilage zu dem *Bericht über die Erstellung der aargauischen Quellenkarte* in der *Festschrift der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft* überreicht worden ist. Daraus geht hervor, dass die Grundmoräne sich auf dem rechten Ufer der Reuss um den sog. « Spitz » herum bis nahe zu den Rebbergen am Reussufer unterhalb Birmensdorf erkennen lässt und dass auch auf dem linken Reussufer noch weiter thalabwärts als auf dem rechten, solche Grundmoräne unter der Niederterrasse nachgewiesen werden konnte.

Ihrer Lage nach, weit ausserhalb der äussersten Wallmoränen der letzten Vergletscherung, muss diese Grundmoräne zur Zeit der zweitletzten Vergletscherung, die zugleich die grösste war, abgelagert worden sein. Noch weiter ausserhalb finden sich bei uns analoge Vorkommnisse in der Beznau und am Rheinufer bei Wallbach. Daraus, sowie aus entsprechenden anderweitigen Thatsachen folgt, dass diese äusseren Moränen nicht, wie alle andern Autoren annehmen, unmittelbar nach der Aufschüttung der Hochterrasse abgelagert worden sind, sondern erst nachdem aus der Hochterrasse wieder Thäler mindestens so tief wie die heutigen

Digitized by Google

Flussbetten erodiert worden waren. Demgemäss ist die grösste Vergletscherung nicht die unmittelbare Folge, resp. nicht die letzte Episode der der Aufschüttung der Hochterrasse entsprechenden Eiszeit.

Soweit die Grundmoräne am rechten Ufer der Reuss sich unter der Niederterrasse erstreckt, zeigen sich, wovon wir uns auch an der Stelle unseres Abstieges überzeugen konnten, ausgedehnte typische Abrutschungs- und Absenkungserscheinungen der Niederterrasse auf dem schlüpfrigen Lehm.

Wir stiegen wieder von der Reuss auf die Lettenzelg hinauf und deuteten einen eigentümlichen, circa 3—5 m. O-W gerichteten Kiesrücken als blossen Erosionsrest der früher höher aufgeschütteten Niederterrasse.

Inzwischen war das Bedürfnis zu einer *Erfrischung* mächtig geworden, das wir im *Gasthof zum Bären in Birmensdorf* in vorzüglicher Weise befriedigen konnten.

Aus Mangel an Zeit mussten wir darauf verzichten, die grosse Lehmgrube des Hrn. Byland nordöstlich des Dorfes zu besichtigen. Sie ist angelegt in mächtiger, teils aus dem Molassegebiet, teils aus dem benachbarten unteren Dogger zusammengeschürfter Grundmoräne der grössten Vergletscherung[1].

Von Birmensdorf aus wandten wir uns südwärts und stiegen von der Oberfläche des Aufschüttungsniveaus der Niederterrasse in der « Grossen Zelg » zur « Lindmühle » hinab. Die ganze Terrasse von da bis zum Reusspiegel in einer Mächtigkeit von circa 25 m. erwies sich wieder als lehmige Grundmoräne[2]. Auf der Grenze zwischen dem darüberliegenden Kies der Niederterrasse und der Grundmoräne sahen wir zahlreiche, zum Teil sehr mächtige Quellen entspringen, von denen diejenige zunächst der Lindmühle sofort einen Bach bildet, der die Mühle treibt. Diese

[1] In meiner geotektonischen Skizze der nordwestlichen Schweiz habe ich diesen Lehm, dessen Ausbeutung eben zur Zeit der Bearbeitung der Skizze begonnen hatte, nach dem ersten Eindruck der obersten, braun verwitterten Lagen als Löss bezeichnet, was ich hiemit korrigiere.

[2] Demnach muss man wohl schliessen, dass auch die Grundmoräne unter der Niederterrasse unterhalb Birmensdorf ursprünglich eine analage Mächtigkeit besessen habe, resp. unter der nicht verrutschten Niederterrasse noch besitze, dass also ihre scheinbar geringe Mächtigkeit längs des dortigen Reussufers dadurch bedingt sei, dass die Grundmoräne anlässlich der Absenkung und des Ausrutschens der Niederterrasse gegen die Reuss mit verrutschte und ausgequetscht worden ist.

Digitized by Google

Quellen haben auch zu der Bildung schöner mächtiger Tuffmassen südlich nahe der Lindmühle Veranlassung gegeben, die das Interesse des Laien erwecken.

Südlich hievon, bei dem von Rütihof herkommenden Bächlein, stiegen wir bis zum Reusspiegel hinab, um in der engen Schlucht des Bächleins die Grundmoräne bequem zu beobachten, die sich bis zu der Stelle verfolgen lässt, wo oberhalb beiderseits des Bächleins die Wiesen beginnen. Von hier aufwärts ist sie durch den Kies der Niederterrasse überdeckt. Längs der beiden Ufer der Reuss lässt sie sich jedoch bis zu der Eisenbahnbrücke bei Mellingen verfolgen.

Indem wir durch die eben erwähnte Bachschlucht gegen Muntwil hinaufstiegen, gelangten wir schon innert die äusserste Wallmoräne des Reussthales, die den Höhenzug vom Hühnersteig über Englisgrütäcker, Oberholz und Birrenmoos bis in die Nähe der Reuss bildet. Es musste auffallen, dass innerhalb dieser Moräne der Hügel der Bettlizelg, 421 m. ü. M., noch aus Molasse besteht. Diese ist durch eine Grube am Westabhang der Bettlizelg aufgeschlossen, worin verwitterte rötliche und graue, thonig-sandige Lager über und zwischen Sandsteinen, in denen Hr. Dr. Aeberhardt ein Stück einer Ostrea fand, von der Backsteinfabrik Biland bei Mellingen zu Ziegellehm ausgebeutet werden. Ich fand seither dort noch mehrere Austern und kleine Haifischzähnchen, woraus hervorgeht, dass diese Schichten, deren Habitus sonst sehr jenem der « unteren Süsswassermolasse » ähnelt, zur Meeresmolasse gehört, die sowohl östlich (Würenlos) als westlich (Mägenwil) dieser Stelle aus mächtigen festen Sandsteinbänken von ganz anderem Aussehen besteht. In dem circa 3 km. ost-nordöstlich hievon gelegenen Steinbruch im Buchwald der Gemeinde Fislisbach befinden sich die harten Bänke der Meeresmolasse 551 m. ü. M.

Wir wendeten uns von hier zum flachen isolierten Hügel des Rötlerhölzli=Wolfbühl, 425 m. ü. M., in dessen Südostecke eine weite und tiefe Kiessgrube die Hochterrasse erschlossen hat. Diese zeigt hier in Bezug auf Art, Grösse und Verkittung der Gerölle und unebene Gestalt der Oberfläche ganz ähnliche Beschaffenheit wie die Hochterrasse im Bruderhaus. Es ist offenbar ein verhältnismässig kleiner Erosionsrest der Hochterrasse, von welcher grössere Stücke als kleine Hügelzüge von Fislisbach bis Rohrdorf im Hiltiberg am Abhang des Rohrdorferberges, der das Reussthal

Digitized by Google

östlich begrenzt, erhalten geblieben sind, während die Thalsohle zwischen diesen Erosionsresten mit Niederterrasse erfüllt ist. Vom Gipfel des Röthlerhölzli genossen wir einen schönen Ueberblick über die dortigen Verhältnisse. Nachdem wir ein noch kleineres isoliertes Hügelchen westlich Fislisbach, ebenfalls ein circa 425 m. ü. M. liegender Erosionsrest von Hochterrasse, mit Kiesgrube darin, besucht hatten, stiegen wir über die von Rohrdorf über Lohren sich herabsenkende und über den Oberboden und südlich des Bollhügels gegen die Reuss verlaufende flache Wallmoräne zu der Stelle hinüber, wo diese Moräne um das Südende des Hiltiberges, des schon erwähnten Erosionsrestes von Hochterrasse umbiegt. Hier ist durch eine grosse Kiesgrube der Kontakt der Moräne mit der Hochterrasse (auf deren Westseite) sehr schön aufgeschlossen. An den einen Stellen sind die beiden Gebilde scharf zu unterscheiden, an andern, höheren Stellen erscheint die Hochterrasse am Kontakt mit der Moräne gestaucht und daher die horizontale Lagerung ihres Kieses gestört. Infolgedessen waren einige Herren geneigt, anzunehmen, es liege hier ein allmählicher Uebergang von Hochterrasse in Moräne vor. Allein der Umstand, dass die Moräne in ihrer östlichen und westlichen Fortsetzung ganz selbständig erscheint, dass sie westlich bedeutend unter das Niveau der Oberkante der Hochterrasse sinkt, ostwärts bedeutend darüber steigt, dass ferner der Kies der Hochterrasse am Hiltiberg selbst noch mindestens 15—20 m. über die Oberkante der Moräne an der Kontaktstelle hinaufragt, sowie die Thatsache, dass die südliche Fortsetzung der Hochterrasse bei Rohrdorf tief unter der Fortsetzung der Moräne liegt und dass endlich die Moränen selbst der Niederterrassenzeit angehören, schliesst die Annahme aus, als ob die Hochterrasse des Hiltiberges eine fluvio-glaciale Facies der erratischen Bildungen aus der Zeit sei, in der die daran anstossende Moräne abgelagert worden ist. Immerhin beweist diese von mehreren Exkursionsteilnehmern längere Zeit eifrig verfochtene Annahme einer genetischen Beziehung zwischen Moräne und Hochterrasse, dass hier die Gerölle der Hochterrasse nach Art und Verwitterung nicht wesentlich von den Geschieben der Moräne der Niederterrasse verschieden sind. Ich darf das als eine Rechtfertigung für die älteren Geologen (und damit auch für mich) bezeichnen, die früher in der That diese Ablagerungen als Produkte verschiedener Stadien einer und derselben Vergletscherung angesehen haben. Zwar schien es, als ob Geschiebe von

Digitized by Google

Sernfkonglomerat[1] in der Moräne in grösserer Menge vorkomme als im Kies der Hochterrasse des Hiltiberges. Ich habe aber nachträglich erkannt, dass das eine Täuschung ist, die dadurch hervorgerufen wird, dass die Geschiebe der Moräne grösser, also leichter wahrnehmbar sind. Der Kies der Moräne ist feiner, die einzelnen Gesteinsarten entziehen sich also leichter der Beobachtung; eine ruhige und genaue Untersuchung zeigt jedoch, dass in der Hochterrasse an dieser Stelle verhältnismässig ebensoviel Sernifite vorhanden sind als in der Moräne. — Besondere Erwähnung verdient, dass hier zwischen Hochterrasse und jüngerer Moräne ebensowenig eine Verwitterungslage der Hochterrasse vorkommt als in der Kiesgrube beim Bruderhaus.

Das erklärt sich in beiden Fällen auf dieselbe Weise, nämlich dadurch, dass eine eventuell vorhanden gewesene Verwitterungsrinde vor Ab- und Anlagerung der Moräne erodiert, eventuell durch den Gletscher selbst weggeschürft worden sein wird.

Rostrote Schmitze innerhalb des unteren Teils der Hochterrasse können schon wegen ihrer Lage und weil die Gerölle nicht verwittert, sondern bloss rostrot überzogen sind (Wirkung von *Crenothrix Kühniana* Ktzg?), nicht als Verwitterungserscheinungen, sondern nur als Lagen früherer Wasserläufe gedeutet werden.

Diejenigen Herren, die ihre hievon abweichende Ansicht trotz allem noch festgehalten hatten, anerkannten jedoch schliesslich die Richtigkeit obiger Deutung, als wir die Nagelfluh der Hochterrasse südwestlich der Strasse von Nieder-Rohrdorf nach Ober-Rohrdorf erreicht hatten. Das ist offenbar ebenfalls ein Erosionsrest, der von der Hochterrasse des Hiltiberges durch eine weite Erosionsvertiefung getrennt ist. Auf der Westseite ist eine neue innere Moräne daran gelagert und steigt südlich darüber hinauf. Die Gesamtheit der bezüglichen Erscheinungen konnte hier von einem neuen Standpunkt aus übersehen werden.

[1] Das Vorkommen von Sernifiten in der Hochterrasse, in den Moränen und in der Niederterrasse an dieser Stelle westlich der hier 735 m. ü. M., also circa 250 m. über derselben gelegenen Wasserscheide zwischen den Flussgebieten der Reuss und Limmat ist nicht vereinzelt. Ich habe schon früher festgestellt, dass Sernifite von Zug weg durchs ganze Reussthal abwärts und sogar im unteren Teile des Bünzthales unterhalb Lenzburg vorkommen. Offenbar ist s. Z. der Linthgletscher über die niedere Passhöhe bei Sihlbrugg, 668 m. ü. M., und ebenso über den Mutscheller bei Bremgarten, 550 m., ins Reussgebiet hinüber gedrungen.

Digitized by Google

Die Sonne hatte nun, da es bereits 2 Uhr geworden war, die Exkursionsteilnehmer wieder materiellen Genüssen zugänglich gemacht, die uns bei einem Mittagessen im Löwen in Ober-Rohrdorf in vorzüglicher Art zu teil wurden. Aber auch da kamen Rede und Gegenrede über die Beziehung zwischen der Zeit der Bildung der Hochterrasse und der Zeit der grössten Vergletscherung, in der die Grundmoräne an der Reuss unterhalb Mellingen und offenbar in der ganzen dortigen Thalsohle, sowie in der Beznau bei Böttstein und am Rhein bei Wallbach abgelagert worden ist, nicht zur Ruhe. Immerhin ist das sicher, dass die Hochterrasse der Stellen, die wir besucht haben, zu einer Zeit abgelagert worden sein musste, nachdem die Thäler bereits auf die heutige Breite und Tiefe hinab erodiert waren und wo die Gletscher zwar über die Randseen der Alpen, aber nicht bis zu den jetzigen Lagerstätten der Hochterrasse vordrangen; ferner, dass die Hochterrasse am Schluss ihrer Aufschüttung dieses Thal in seiner ganzen Breite bis an ihr jetziges höchstes Niveau, circa 470 m., erfüllte. Hierauf muss eine Zeit gewaltiger Erosion gefolgt sein, nach welcher von der Hochterrasse nur die kleinen Reste des Rötlerhölzli, des Kieshügels westlich Fislisbach, Buch und Hiltiberg östlich Fislisbach und die Nagelfluh bei den Reben südöstlich Nieder-Rohrdorf übrig blieben, und wobei das Thal bis auf die Unterlage der Grundmoräne am Ufer der Reuss, Aare und des Rheins, also unter den jetzigen Thalboden hinab ausgetieft wurde. Erst dann konnten in dieser Tiefe und zugleich auch auf allen benachbarten Bergen von soweit vorrückenden und so hoch ansteigenden Gletschern die jetzt noch vorhandenen Grundmoränen abgelagert werden. Erst viel später konnte die Aufschüttung der koncentrisch ineinander abgesetzten Wallmoränen stattfinden, die das grossartige Moränen-Amphitheater von Mellingen bilden, ausserhalb dessen die Grundmoränen der eben vorausgegangenen grössten Vergletscherung durch die Abwasser der letzten Gletscher mit Niederterrassenkies überdeckt wurden.

Die Herren Dr. Baltzer und Dr. Brückner gaben ihrer Befriedigung über den Verlauf der Exkursion, über die Manigfaltigkeit und Wichtigkeit der demonstrierten Erscheinungen, über die objektive Richtigkeit der behaupteten Thatsachen, sowie dem Dank gegenüber dem Führer der Exkursion beredten Ausdruck und ersuchten diesen, seine Ansichten über die Beziehungen der verschiedenen Schotter,

Digitized by Google

Terrassen und Moränen zueinander im Zusammenhang darzulegen.

Indem der Führer diesem Ersuchen in ähnlichem Sinne, wie es in diesem Bericht jeweilen an den betreffenden Stellen (S. 19-38, und in meiner Abhandlung über den *Boden von Aarau*) geschehen ist, entsprach, hob er zugleich hervor, dass jeder Forscher die Thatsachen, die er beobachtet, und die Schlüsse, die man daraus ziehen kann, auseinander halten müsse. Während der Untersuchung soll man nicht davon ausgehen, eine vorgefasste Ansicht beweisen zu wollen, sondern alle bezüglichen Hypothesen und Theorien zu dem Zwecke berücksichtigen, um mit deren Hülfe die Beobachtungen zu kontrollieren und neue Thatsachen aufzufinden. So wird die Gefahr einer Unrichtigkeit der Darstellung der Thatsachen auf ein Minimum reduciert und wird es möglich, dass die Anhänger jeder Theorie die geschilderten Thatsachen als richtig anerkennen und zu ihren Betrachtungen verwerten, eventuell sich belehren lassen können. So wird man dazu gelangen, die Wahrheit objektiv festzustellen und die richtige Deutung derselben zu finden. Da alle Forscher sich bei ihren Arbeiten nur von dem Triebe zur Wahrheit leiten lassen, werden sie einander und dadurch sich selbst ehren, wenn sie auch einander in der Auffassung der Erscheinungen bekämpfen.

Ursprünglich hatte die Absicht bestanden, die Exkursion derart auszuführen, dass dabei die Eisenbahnbrücke unterhalb Mellingen hätte passiert werden müssen und dass der Weg sodann die Station Mellingen gestreift haben würde. Wir würden dann dort die grosse Lehmgrube der Backsteinfabrik des Hrn. Biland in Mellingen besichtigt haben, die in postglacialen Letten zwischen Moränenhügeln von 385 m. ü. M. bis unter 350 m. (Reussniveau) hinab angelegt ist und worin in einzelnen Schichten recente Conchilien vorkommen, die darauf hinweisen, dass der Letten in einem früheren, durch die Moränen gestauten See abgelagert worden ist. Dieser Plan wurde jedoch durch die Schwierigkeiten verunmöglicht, die von der Direktion der Nordostbahn gegen die Ueberschreitung der Eisenbahnbrücke erhoben wurden.

Nach dem Mittagessen verfolgte die Gesellschaft zunächst auf eine Strecke von circa 700 m. die prächtige Hochstrasse nach Remetswil bis zu einer Stelle, von der aus man durch einen prächtigen Ueberblick über die äussersten Moränen der letzten Vergletscherungsperiode von Tägerig über Wohlen-

Digitized by Google

schwyl, Bübliken, Station Mellingen und Nieder-Rohrdorf und über die südlichen Moränen des Reussthales, die grossartigste und manigfaltigste Moränenlandschaft der nördlichen Schweiz und weit herum, erfreut wird. Aber auch der Blick auf das Molasseland, dessen scharfe Nordkante von Mägenwil über Lenzburg, Rifegrind (südlich Suhr) bis Rieden (bei Oftringen) von den wetterfesten Bänken der oberen Meeresmolasse gebildet wird, über das Erosionsthal zwischen dem Molasseland und dem Jura, über den manigfaltigen Ketten-Jura westlich der Aare bis zum Weissenstein, über die niedrige Jurakette mit der Habsburg zwischen Aare, Reuss und Limmat und darüber hinaus der Blick auf die charakteristische Grenze zwischen dem Ketten- und Tafel-Jura auf dem Tafel-Jura selbst und auf den Schwarzwald im Norden ist wundervoll und bietet dem kundigen Geologen einen hohen Genuss.

In der Abendkühle war es jetzt angenehm, über obere Süsswassermolasse, die jedoch meist von Moräne der grössten Vergletscherung bedeckt ist, nach Sorchen hinaufzusteigen. Hier besuchten wir im Wald südlich der Strasse nach dem Heitersberg in einer Höhe von 630 m. eine Kiesgrube in Kies, der von den Exkursionsteilnehmern als «Deckenschotter wie er im Buche steht» anerkannt wurde. In der That liegt dieser Kies in ähnlicher Höhe wie Kiesschichten ähnlicher Beschaffenheit östlich des Egelsees und notorischer Deckenschotter am Lehnstudhau, Obermoos, Sennenhau, Kreuzliberg und Hinterhau auf der Ostseite des Rohrdorferberges. Eine Vergleichung mit der Hochterrasse des Hiltiberges lässt in Bezug auf die Natur der Gerölle (die in Sorchen jedoch grösser sind) keinen wesentlichen Unterschied erkennen. Namentlich ist die Verwitterung nicht weiter vorgeschritten und sind die Sernifite hier ebenso häufig als dort und als in den jüngeren Moränen des Reussthales. Angesichts dieser Thatsachen wird man es also begreifen, dass ich auch diesen Kies früher als fluviatiles Ablagerungsprodukt der Abwasser der grossen Gletscher an deren Rand während ihres Rückzuges und während der Gletscher das benachbarte Thal noch erfüllte, betrachtet habe, während man ihn heute als die Ablagerung der Schmelzwasser eines Gletschers deutet, der in einer Zeit, als das Reussthal noch nicht erodiert war und die Molasse ein nordwärts geneigtes Plateau von der Höhe der Unterlage des Kieses bildete, nur bis in die Nähe der jetzigen Lagerstätte sich ausdehnte. Ohne diese

Digitized by Google

Deutung der Entstehung des eigentlichen Deckenschotters zu bestreiten, wird man doch zugeben, dass einzelne Kiese in hohen Lagen, also vielleicht gerade der Kies bei Sorchen, der nur eine begrenzte Ausdehnung hat, ein fluviatiles Ablagerungsprodukt der grössten Vergletscherung sein könne, zumal wenn er mutmasslich an Molasse im Innern des Berges nur angelagert ist (die wenigstens in geringer Entfernung südlich höher hinaufragt). Möglicherweise zieht er sich aber unter einer Decke von altem Gletscherschutt noch weit bis zur Ostseite des Berges durch und steht mit dem dortigen Deckenschotter doch in genetischer Beziehung. Eine spätere genauere Untersuchung der Gerölle des Kieses und Vergleichung mit dem Kies zweifellosen Deckenschotters kann vielleicht Auskunft darüber geben. Ich will aber jetzt schon bemerken, dass auch der Kies des «Deckenschotters» in den Hügeln zwischen Egelsee und Bollenhof, der auch von Hrn. Dr. A. Aeppli erwähnt wird, sich weder durch seine Gerölle, noch weniger durch den Grad der Verwitterung von den Materialien der benachbarten Moränen unterscheidet.

Die Zeit reichte nicht mehr aus, um von der grossen Mächtigkeit der Grundmoräne der grössten Vergletscherung auf dem «Heitersberg» (Name der topographischen Karte, das Volk nennt ihn Hasenberg und den nördlichen Bergrücken Heitersberg) westlich des Egelsees und von den Wallmoränen der letzten Eiszeit östlich des Egelsees (die dadurch, dass sie sich nördlich an den Berg anlehnen, die Bildung des Sees bedingen) Kenntnis zu nehmen; auch zu den Moränen beim Hofe Heitersberg konnten wir nicht mehr gehen. Wir begnügten uns mit der Wanderung über den Sennenberg, wo die alte Moräne übrigens dieselben Erscheinungen darbietet, nämlich eine Mächtigkeit von circa 50 m., und eine sozusagen ganz unverwitterte Oberfläche. Ihr Material lässt sich auch in den obersten Lagen nicht von demjenigen der jüngeren Moränen unterscheiden und erweckt eben dadurch den Eindruck, sie möge nicht erheblich älter sein als die jüngeren Wallmoränen, oder mit anderen Worten: die Periode der Vergletscherung dieses Gebietes, in der die Wallmoränen von Mellingen und die analogen Moränen der übrigen Thäler erzeugt worden sind, sei unmittelbar der grossen Vergletscherung gefolgt, sie sei das Stadium des stufenweisen Rückzuges der grossen Gletscher, in welchem während längeren Stadien des Stillstandes die Wallmoränen gebildet worden sind. Der Umstand, dass die Grundmoräne des unteren Reussthales von Niederterrassenkies bedeckt ist

Digitized by Google

und dass auf diesem Niederterrassenkies bei Rütihof und Mellingen wieder Wallmoränen liegen, spricht nur dafür, dass damals wieder zeitweise ein Vorstoss der Gletscher stattgefunden haben müsse, aber nicht dafür, dass die Gletscher in der Zwischenzeit sich ganz in die Alpen zurückgezogen haben. Solche vorübergehende, wenn auch längere Vorstösse während des Rückzuges sind, wie ich in meinen Berichten über die erratischen Bildungen im Aargau gezeigt habe, auch aus andern Gründen sehr wahrscheinlich.

Fluviale Schotterablagerungen aus der Zeit der grössten Vergletscherung können natürlich nur ausserhalb der damaligen Grenze der Gletscher stattgefunden haben. Wo lagen aber diese Grenzen? Die internationale geologische Karte von Europa zieht zwar die äusserste Grenze der Vergletscherung der Schweiz quer durch das Rheinthal oberhalb Möhlin und mehrere Autoren haben in gleichem Sinne geschrieben und gesprochen.

Allerdings liegt dort Moräne auf Hochterrassenkies; sie ist selbst wieder (wo er nicht nachträglich erodiert ist) von Löss bedeckt. Gleichwohl ist es durchaus unrichtig, zu behaupten, die Gletscher haben sich höchstens bis hieher erstreckt. Denn noch im Magdenerthal westlich Möhlin kommen erhebliche glaciale Ablagerungen vor und auf der Nordseite des Schmard bei Liestal liegt noch ein wallisischer erratischer Block in einer Höhe von circa 670 m. ü. M., also circa 250 m. über den Moränen von Möhlin. Demgemäss müssen die Gletscher noch weit über Rheinfelden, ja über Basel hinaus gedrungen sein. Also können Schotter aus der Zeit der grössten Ausdehnung der Gletscher in der Schweiz nirgends in Thälern (wohl aber an und auf Bergen) gefunden werden und ebensowenig irgend anderswo innerhalb der Grenzen der grössten Ausdehnung der Gletscher. Es ist aber sehr wohl zulässig, anzunehmen, ja, wenn die Zeit der Bildung der Wallmoränen in unseren Thälern nur ein Stadium des stufenweisen Rückzuges der grossen Gletscher ist, muss man es annehmen, dass die Schotter aus der Zeit des Rückzuges der Gletscher die Wirkung gehabt haben, die Schotterablagerungen früherer grösserer Ausdehnung derselben Gletscher zu erhöhen. Wenn also die Gletscher nach ihrer grössten Ausdehnung und vor der Bildung der Wallmoränen sich nicht hinter die Randseen längere Zeit zurückgezogen haben, und wenn nicht infolgedessen ihre Schotter in längerer Interglacialzeit erodiert und angewittert

Digitized by Google

sind, so lassen sich die Schotter der grössten Vergletscherung und die Schotter der Rückzugsstadien überhaupt nicht an einer Ineinanderlagerung und durch eine Verwitterungsschicht auf den älteren Schottern von einander unterscheiden; man muss dann eben in dem Gebiet ausserhalb der grössten Ausdehnung der Gletscher, wie natürlich, die unteren Lagen des Schotters als die älteren, die oberen als die späteren bezeichnen, ohne sagen zu können, wo die untere Grenze der Schotter der Rückzugsperiode liegt. Alle Schotter innerhalb der grössten Ausdehnung der Gletscher gehören natürlich der Periode des Rückzuges an und können ebenfalls sonst nicht von den weiter aussen liegenden unterschieden werden. Die « Niederterrasse » besteht also in diesem Falle aus Schottern der verschiedenen Stadien des Rückzuges der grossen Gletscher.

Ob sich die Sache wirklich so verhalte, kann in der Schweiz selbst schwerlich entschieden werden, sondern erst ausserhalb des Gebietes, wo überhaupt erratische Blöcke und Moränen als Zeichen der früheren Bedeckung des Gebietes durch Moränen gefunden werden. Wo, wie mutmasslich in der baierischen Hochebene, die in unmittelbarer Nähe der Gletscher erzeugten glacialen Bildungen der grössten Vergletscherung, Grundmoränen und erratische Blöcke durch spätere Schotter sozusagen überall überlagert worden sind, ist der Nachweis solcher Verschiedenheiten selbstverständlich erst recht unmöglich. Der Entscheid über diese Fragen ist also schwerlich von dort her, sondern eher aus einem Gebiet zu erwarten, wo die Bodengestaltung die Unterscheidung von Schottern und Moränen verschiedenen Alters leichter gestattet.

Die Dunkelheit brach ein, während dem wir auf dem Marsch über den Sennenberg nach Baden obige und andere Fragen diskutierten und nachdem wir uns noch an einer ausgedehnten Aussicht erfreut hatten, die sich erstreckt im Nordwesten über den östlichen Aargauer Tafel-Jura, dahinter die Vogesen, den Schwarzwald und die Vulkane des Höhgaus, im Mittelgrund die ganze Südseite der Lägern, davor die Greppe, der Pfaffenbühl mit den Molassesteinbrüchen von Würenlos, das Furtthal und der Altberg, im Vordergrund das Limmatthal von Turgi und Baden bis Zürich, dessen Häusermeer durch glänzende Fenster den Abendsonnenschein gegen uns zurückwarf, im Osten in der Ferne das durch Erosion ausserordentlich erniedrigte und zerteilte ostschweizerische Molasseland

Digitized by Google

und im Südosten die Alpen vom Säntis bis zum Tödi. Wir konnten also verschiedene Objekte des Exkursionsprogramms nicht mehr erledigen, nämlich:

« Am Ostabhang, circa 50 m. tiefer als die Bergkante, Decken-
« schotter auf oberer Süsswassermolasse. Auf der Grenze
« zwischen Deckenschotter und Molasse (resp. Süsswasser-
« kalk mit Fischresten, Sandstein und Mergel) die zahlreichen
« schönen Quellen der Wasserversorgung von Baden. Refu-
« gium auf dem Deckenschotter des Lehnstudhau. Im « Buch-
« wald », am Westabhang, verlassener Steinbruch in Meeres-
« molasse; im « Oberforst » und « Tobeln » Mergel und
« Sandstein der unteren Süsswassermolasse. In eine horizon-
« tale Erosionsvertiefung derselben Molasse mit circa 40° nord-
« wärts geneigten steilem Südrand ist im nördlichen Teil
« von Baregg bis Kreuzliberg ein circa 30 m. mächtiger tieferer,
« jüngerer Deckenschotter eingelagert, von dem vor Zeiten
« ein ausgedehnter Komplex bis zur Wettinger Eisenbahn-
« brücke an die Limmat hinabgesunken ist. Diesem Berg-
« rutsch gehören die gigantischen, unregelmässig übereinan-
« der getürmten Nagelfluhblöcke des « Teufelskellers » an.
« Auch südlich hievon liegt ein Bergschlipf in Molasse. Auf
« dem Kreuzliberg ein altes Refugium, das älteste historische
« Denkzeichen in der Umgebung von Baden. »

Es war auch schade, dass wir die Auflagerung von älterer Moräne auf erodierter Nagelfluh der Hochterrasse in der Kiesgrube im Eichthal, ein vollkommenes Analogon der Kiesgrube beim Bruderhaus südlich Aarau, nicht mehr besuchen konnten.

Erst spät kam man zum *Nachtessen und Uebernachten ins Hotel « Bahnhof » in Baden*, wo wir zu unserer Freude bereits von den neu zu uns stossenden Herren Dr. Th. Engel, Pfarrer in Eislingen, Dr. H. Fischer-Sigwart in Zofingen und Oberförster Holland in Heimerdingen erwartet wurden.

Vierter Exkursionstag, Samstag den 10. August.

Siehe Profile V, VII, VIII, IX und X.

Zweck: Ausser dem Nachweis der Bedingungen zur Veranlassung eines Felssturzes am Lägernkopf durch Menschenhand, dessen Geschichte und Verlauf, und ausser dem Besuche der berühmten Thermen von Baden, hauptsächlich Nachweis des Vorhandenseins von Ueberschiebungsklippen

Digitized by Google

in der Lägernkette und also der Uebereinstimmung ihres Baues mit dem anormalen Bau der übrigen Ketten des nördlichen Jura. Die Lägern ist das Ostende der Mont-Terri-Kette und des ganzen Jura überhaupt.

Reihenfolge der Beobachtungen:

Wir besuchten zuerst den Felsabsturz des Lägernkopfes, resp. des Westendes der Lägern. Hier wurde die Geschichte und der Vorgang des Absturzes erzählt und auseinandergesetzt, dass dieser Absturz die naturnotwendige Folge des Abbaues der südlichen und westlichen Felsmassen gewesen ist, die zur Stütze der 40—50° geneigten, von Kreuzungsklüften in lose Stücke zerteilten Kalkbänke der Wangener Schichten gedient hatten. Die einen Klüfte durchsetzen das Gestein fast senkrecht (resp. circa 80—85° nordfallend) von West nach Ost in der Richtung des Streichens der Schichten (immerhin mit Neigung des Verlaufs gegen Osten); die andern schräg ostwärts aufsteigend in der Richtung des Fallens mit einer Neigung von 70—80° nach West. Deshalb lehnten sich beim ursprünglichen Zustand der Dinge die westlichen Felsstöcke an die östlichen an und wurden von diesen gehalten. Sobald also der Abbau der Felsen südlich durch alte Steinbrüche und durch die Anlage der Strasse nach Wettingen, östlich durch den Steinbruch des Herrn Scheyer weit und tief genug vorgetrieben war, mussten die oberen Felsmassen auf den zwischenliegenden, durch eindringendes Wasser schlüpfrig werdenden Mergeln ebenso abrutschen (nachts 2 Uhr zwischen dem 24. und 25. Juni 1899, zwar wieder die Erwartung derer, die diese Art des Abbaues angeordnet und geduldet hatten, aber doch ebenso sicher) als wenn man den Absturz absichtlich hätte provocieren wollen. Denn jetzt waren die westlichen Felsstöcke ihrer Stütze beraubt, sie hingen zudem mit andern noch festen Stöcken wegen der Zerklüftung nicht zusammen und die westliche Wand des Steinbruchs Scheyer überhing sogar gegen diesen (was allerdings in der Zeichnung IX, Tafel 3, nicht genügend dargestellt ist). Darum hatten der Führer der Exkursion und sein Mitexperte, Hr. Steinbruchbesitzer Widmer-Mader in Othmarsingen, in amtlicher Expertise voraussagen können, dass der Absturz (allerdings nicht das Datum desselben) infolge des Betriebes und der Vertiefung des Steinbruchs des Herrn Scheyer eintreten müsse.

Die Exkursionsteilnehmer überzeugten sich davon, dass

Digitized by Google

durch den Abbau der Niederterrasse und Trümmerhalde auf der Nordseite des Lägernkopfes bis auf die mergeligen Bänke der Effinger Schichten hinab ebenfalls ein bedenkliches Profil geschaffen worden ist, das eventuell zu einer neuen Katastrophe führen kann.

Ein zweites interessantes Demonstrationsobjekt waren die Thermen der « grossen » und « kleinen » Bäder (47—48° C.) zu Baden mit ihren aus geheimnisvoller Tiefe aufsteigenden Gasblasen, von denen uns Herr Borsinger zum « Verenahof » die in seinem Gasthof 1843 künstlich ergrabene Verenaquelle und vor dem Gasthof die Wälderhutquelle demonstrierte. In den « kleinen Bädern » wurden uns von den Herren Küpfer zum « Adler » und Brunner zum « Schwanen » die ebenfalls 1843 künstlich ergrabene Quelle im « Adler » und die natürliche gemeinsame Quelle auf dem dortigen offenen Platze gezeigt.

Nach kurzer Rast und Erfrischung überzeugten wir uns von der Notwendigkeit der Annahme einer Blattverschiebung im Nordschenkel der Lägernkette zwischen dem Martinsberg und Rieden, indem hier nördlich der Limmat dieselben Bänke des oberen Malms wie südlich der Limmat bei ungefähr gleichem Nordfallen um circa 400 m. nordwärts verschoben erscheinen. In dem kaum mehr betriebenen Steinbruch von Rieden sahen wir das bekannte schöne Profil durch die Wangener-, Badener- und Wettinger-Schichten und die Stelle, wo beim Fundamentieren der dortigen Häuser Löss mit typischen Schnecken, gemischt mit Malmtrümmern auf Niederterrasse circa 30 m. über der Limmat aufgeschlossen worden war.

Wir stiegen dann gegen Hertenstein hinauf, konstatierten unterwegs die Umkippung des Bohnerzes und der unteren Süsswassermolasse nördlich des Malmgrates im Nordschenkel der Kette. Westlich und östlich der Strasse zwischen Restauration und Dorf Hertenstein besichtigten wir die im Profil VII *c* und *d* angedeuteten anormalen Lagerungen von oberem Malm über Bohnerz und unterer Süsswassermolasse. Herr Professor Dr. Schardt schien geneigt zu sein, diese Malmteile als Reste eines Bergrutsches anzusehen, der sich zur Zeit, da das Gewölbe aufgestaut wurde und noch nicht erodiert war, ereignet haben sollte. Hiegegen muss jedoch auf die charakteristische Art der Lagerung und die Erstreckung gleichartiger Erscheinungen bis über den Steinbruch bei Ehrendingen hinaus verwiesen werden, sowie

Digitized by Google

auf die schon erwähnte Umkippung der Molasse und des Bohnerzes, die auch östlich z. B. im Malmsteinbruch nördlich des Höhthales und am Steinbruch östlich Ober-Ehrendingen leicht zu erkennen und am letztern Ort mit einer deutlichen Ausquetschung des oberen Malmes vergesellschaftet ist, der s. Z. die Verbindung der nordwärts verschobenen Malmteile mit dem Fusse des Nordschenkels des Malms in dem betreffenden Teile der Lägernkette gebildet hat. Es scheint mir daher angemessener, diese Malmteile als etwa nach dem Schema Figur VIII entstandene Ueberschiebungsklippen zu betrachten. Mögen diese Klippen auch aus Faltenverwerfungen hervorgegangen sein, so sind sie eben jetzt doch in keiner Weise mehr mit ihren ursprünglichen Fortsetzungen verbunden. Es sind durch Erosion isolierte Reste auf einer ihnen fremden jüngeren Unterlage. Die Faltenwerfung war der Prozess, der diese Lagerung geschaffen hat, aber das Ergebnis dieses Prozesses in Verbindung mit nachheriger Erosion ist eben die Ueberschiebungsklippe.

Die Thatsache, dass diese Klippen vom Nordschenkel des Malmes völlig getrennt sind, ist an der Hertensteinstrasse selbst, wo Moräne und Trümmerhalde die zwischen beiden liegende Molasse verdecken, nicht zu erkennen, wohl aber weiter oben an dem Fussweg, der nächst nördlich des nördlichen Hertenstein-Steinbruches (worin für den Malm dieses Gebietes typische Schichtenknickungen vorkommen) durch den Wald zum Nordabhang des Badener Geissberges hinaufführt. Denn da sind die roten Molassemergel zwischen der Klippe und dem stehen gebliebenen Nordschenkel der Kette deutlich zu sehen ; sie können also tiefer unten ebenfalls nicht fehlen.

Wir rasteten neuerdings im Schatten des Waldes über der Wiese der Kalberweid, um vorderhand eine Uebersicht über die merkwürdige Situation am Steinbruch bei Ober-Ehrendingen zu gewinnen und lenkten dann zum *Mittagessen im Gasthof zum Hirschen in Ober-Ehrendingen*, das infolge eines Misverständnisses etwas spät und frugal, aber doch befriedigend ausfiel. Hier erneuerten die Herren Dr. H. Schardt und Dr. Sarasin die freundlichen Worte des Dankes an den Führer der Exkursion.

Inzwischen war es draussen etwas schwül geworden. Offenbar war ein Gewitter im Anzug. Da zudem die meisten Herren möglichst früh von Baden aus heimzureisen wünschten, musste darauf verzichtet werden, die Lägern-Hochwacht zu besteigen, mit ihrem prachtvollen Panorama über den

Digitized by Google

westlichen Teil des Ketten-Jura, den Tafel-Jura mit den Vogesen im Hintergrund, über den südlichen Schwarzwald und schwäbischen Jura bis zu der Vulkangruppe des Höhgaus, ferner über die schweizerische Hochebene und die Schweizer Alpen vom Montblanc bis ins Vorarlberg. Wohl aber nahmen wir noch die Profile VII, *e*, *f* und *g*, bei der Cementfabrik südöstlich Ehrendingen in Augenschein. Von der oberen Süsswassermolasse aus, die im nördlichen Teil des Profiles ansteht, durchquerten wir zunächst circa 10–25° nordfallende Meeresmolasse auf unterer Süsswassermolasse. Hinter der Cementfabrik stehen die roten, gelben, grauen und braunen Mergel und Sande der letzteren, entsprechend der Annäherung an den Nordschenkel der Lägernkette, bereits senkrecht. Merkwürdigerweise sind die obersten 2—4 m. der Schichtenköpfe südwärts horizontal umgebogen, was entweder als Folge eines in sich selbst Zusammensinkens oder als Wirkung der auch bis hieher vorgedrungenen grossen Gletscher gedeutet werden muss.

Noch weiter südlich, westlich des Sackhölzli ist der Molassesandstein und Mergel nordwärts übergekippt, zeigt also Südfallen und befindet sich in fast unmittelbarem Kontakt mit ebenfalls südfallenden Mergeln der Effinger-Schichten. Der mittlere und obere Malm, der zwischen beiden zu erwarten wäre, ist (durch Ausquetschung) auf ein Minimum, nämlich auf einige Brocken von wenig Decimeter Mächtigkeit reduciert. Unter diesen Brocken ist namentlich der helle harte, etwas kieselige Kalk von Wettingerschichten, also oberstem Malm erkennbar.

Westlich über dieser Ausquetschung des oberen Malms des Nordschenkels der Lägernkette stehen harte Bänke von Murchisonae-Schichten *unter* Sowerbyi-Schichten derart an, dass der Fuss des nördlichen Teils mit 50° Nordfallen direkt auf den roten Mergeln der Molasse aufsitzt, während der südliche Teil horizontal liegt oder schwach südwärts geneigt ist. Da zwischen dem Sackhölzli und dem Südschenkel der Lägernkette ein Höhenzug von Lias und Keuper, und südlich derselben noch ein tiefes Thälchen gelegen ist, kann die Lagerung des Bajociens im Sackhölzli nicht durch einen Bergschlipf vom Bajocien des Südschenkels her erklärt werden, sondern man muss die Erscheinung wieder als Ueberschiebungsklippe auffassen, ebenso auch die merkwürdig geknickten, auf nordfallenden Mergeln der Effinger-Schichten gelegenen Birmensdorfer-Schichten, Varians-Schich-

Digitized by Google

ten und Parkinsoni-Oolithe und Thone im nahen, höher gelegenen Cementsteinbruch. Alle diese Komplexe müssen bei der Aufstauung der Kette in ihre jetzige Lage gelangt und vielleicht schon damals (jedenfalls aber später durch Erosion der Verbindung mit ihrer südlichen Fortsetzung) isoliert worden sein.

Der obere Malm des Steinbuckes war offenbar nahe daran, ebenfalls von seinem Fusse abgeschoren zu werden, denn er ist, wie gesagt, mit dem Malm in der Tiefe des Nordschenkels östlich des Sackhölzli nur noch durch dünne lose Brocken verbunden; an der Seilbahn zwischen der Cementfabrik und dem Mergelsteinbruch unterhalb des Hauses Hinterstein ist die Verbindung bereits gegen einen Meter mächtig. Die Stelle ist jetzt vermauert, sie ist aber durch die Fassung der kleinen Quelle markiert, die dort aus den Kalkbänken des oberen Malmes hervortritt.

Wir mussten uns beeilen, noch das prächtige Gewölbe im Keupergyps und Dolomit mit den in Profil X dargestellten Lagerungsstörungen im Kern der Lägernkette in Augenschein zu nehmen. Dann stiegen wir noch zum Gryphiten- und Belemnitenkalk der «Hinteren Scheuerwiesen» und den grossen erratischen Blöcken und ausgedehnten Moränen «Auf Wächteln» hinauf, die schon wegen ihrer hohen Lage, circa 700 m. ü. M., und auf der Nordseite der Lägern, wichtig sind. Trotzdem sehen auch diese Moränen so frisch aus, als ob sie der letzten Vergletscherung angehörten, deren nächste Wallmoränen im Wehnthal doch circa 5 km. entfernt sind und circa 200 m. tiefer liegen. Der prächtige Ausblick von hier aus nordwärts von den Vogesen bis zu den Vulkanen des Höhgaus entschädigte einigermassen für den versäumten Blick von der Hochwacht aus.

Von jetzt an musste im Eilschritt marschiert werden. Wir stiegen zwar über das berühmte Profil von den Opalinusthonen durch den ganzen Dogger bis zu den Effinger-Schichten des Südschenkels der Lägernkette im Walde unterhalb des Burghornes hinan, hatten aber keine Zeit, es zu besichtigen. Es handelte sich nur noch darum, auf einem möglicht schattigen Weg möglichst rasch nach Baden zu gelangen. In der That trafen wir im Hotel «Bahnhof» noch rechtzeitig ein, um nach kurzer Erfrischung bei Anbruch des erwarteten Gewitters mit dem Zuge, der um 4 Uhr 50 Min.

Digitized by Google

in die Westschweiz fährt, heim, resp. zu neuen privaten Forschungsgebieten zu reisen.

Mögen die vier, zwar etwas anstrengenden, aber sehr schönen Tage mit den manigfaltigen wichtigen Demonstrationsobjekten den Teilnehmern in angenehmer Erinnerung bleiben.

Les blocs exotiques du massif de la Hornfluh.

PAR LE

Dr H. SCHARDT (Neuchâtel)[1].

Un groupe de pointements d'une roche éruptive (ophite) appartenant à un ou plusieurs blocs exotiques, enfouis dans le Flysch sur le flanc N. de la Hornfluh, vient d'être signalé[2] près de Witern, non loin du col des Mosses de Gessenay. Occupé depuis plusieurs années à procéder à une revision générale de la carte géologique des Préalpes suisses, avec relevé détaillé des régions les plus intéressantes ou les plus compliquées, j'ai consacré déjà plusieurs semaines en 1900 et 1901 au relevé de la structure si compliquée du groupe de la Hornfluh et j'ai pu y constater encore un bon nombre de blocs exotiques cristallins de grandes dimensions.

Dans cette région la corniche sud de la nappe préalpine normale est cachée par la nappe de la brèche jurassique, dite de la Hornfluh, reposant sur du Lias et du Trias. L'Amselgrat est le seul témoin visible de ce bord normal oblitéré. C'est cette circonstance qui a motivé sans doute un enfoncement plus considérable des terrains résistants (Malm et calcaire triasique) et par cela le passage des deux grands drains des Préalpes, la Sarine et la Simmen qui passent presque parallèlement de part et d'autre de la Hornfluh pour s'écouler ensuite dans des directions diamétralement opposées. Le massif de la Hornfluh est ainsi nettement découpé au NE. et au SW. Au NW. c'est le Col des Mosses de Gessenay et au SE. la vallée du Turbach et celle du Reulissenbach qui forment les limites de ce massif presque triangulaire. La

[1] Publié avec l'autorisation de la commission géologique suisse.

[2] G. Rœssinger et Arth. Bonard. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 1901. XXXV, p. 471.

Digitized by Google

brèche Jurassique de la Hornfluh avec du Lias fossilifère et du calcaire triasique à sa base repose partout sur le Flysch et constitue une ou deux zones synclinales anormales qui se poursuivent du SW. au NE. Entre deux on voit apparaître le Flysch en faux anticlinaux, associé parfois à du crétacique supérieur (couches rouges). C'est dans ce Flysch que sont enfoncés les blocs exotiques. Il ont été mis à découvert par l'ablation de la nappe de recouvrement de la Brèche qui devait exister jadis au-dessus. Le groupe d'affleurements de roches cristallines mentionné au début n'est pas le seul ni le plus important, ainsi que l'a supposé avec raison M. Rœssinger.

Le dos arrondi de Flysch qui, depuis le Rinderberg, descend dans la direction de Zweisimmen, recèle tout un chapelet d'affleurement de roches vertes porphyritiques pointant au milieu du Flysch. Le plus important se poursuit parallèlement à la ligne de faîte de la dite arête sur plus de 500 m. de longueur, le long du sentier qui conduit au Rinderberg. Il commence au-dessous des maisons de *Fang* à 1200 m. d'altitude; un dernier pointement se voit encore au-dessus de Fang à l'ouest du chemin, à 1300 m environ.

Plus haut, entre Eggenweid et Rinderberg, dans la forêt à l'est de ces derniers chalets, au-dessus d'une grange non marquée sur la carte Siegfried, apparaissent deux rochers bien visibles de loin. C'est la même porphyrite que près de Fang, comme là en contact avec le Flysch et par places comme broyée avec le schiste tertiaire, *sans aucune trace de métamorphisme de contact.* Plus près des chalets du Rinderberg, sur le versant NW. de l'arrête enfin, non loin des couches rouges crétaciques qui apparaissent ici en anticlinal dans la brèche de la Honrfluh, on trouve un amoncellement important de ces mêmes roches vertes, en blocs de tout volume gisant à la surface du Flysch. La présence de ces grands blocs exotiques, en particulier de ceux de Fang[1], a probablement motivé la conservation de cette arrête de Flysch si nettement découpée entre le Moosbachgraben et le ravin de la petite Simmen.

Un autre gisement, plus intéressant encore, se trouve par contre au-dessus du Moosbach entre Zweisimmen et le pont de Blankenburg sur le versant E. de l'arête de Fang. Un glissement de terrain dans la nappe morainique, toute héris-

[1] Ces blocs ont été signalés déjà en automne 1900, dans mon rapport à la Commission géologique suisse.

Digitized by Google

sée de blocs erratiques de brèche de la Hornfluh, a mis à découvert récemment le Flysch. On trouve là, *intercalés dans le schiste et les grès plaquetés du Flysch* plongeant de 40° au N. 35° W., *deux lames de roche éruptive*. L'une visible sur 10 m. environ, se présente en coupe transversale. C'est une porphyrite grise à grain fin, passant à une roche presque homogène microlitique. L'autre lame, de dimension plus petite, est une roche verte plus grossière, très laminée et décomposée, toute parcourue de plans de glissement. C'est peut-être un gabbro très décomposé. Le contact avec le Flysch est nettement mécanique ; la surface de contact offre des stries de glissement, mais *aucun phénomène de contact*.

Nous avons donc là toute une série de nouveaux blocs exotiques, qui présentent le grand intérêt de différer notablement par leur gisement et leur nature de ceux que l'on rencontre habituellement dans le Flysch du Niesen ; ici les blocs exotiques essentiellement granitiques ou granitoporphyriques forment associées à des roches cristallophylliennes et sédimentaires, *des couches de brèche, pareilles à des dépôts d'éboulements, tombés dans la mer du Flysch!* Les blocs exotiques isolés de la région de la Hornfluh, y compris le bloc des Fénils, situé d'ailleurs tout près du bord N. de la nappe de recouvrement de la Hornfluh, sont des roches éruptives basiques et *gisent au milieu d'un Flysch essentiellement schisteux*. Ils ont des dimensions si énormes que l'on ne peut pas y voir de simples blocs tombés dans l'eau. Ils doivent avoir été empâtés dans le Flysch pendant le phénomène tectonique du chariage qui a superposé la nappe de brèche Jurassique de la Hornfluh, avec son soubassement liasique et triasique, sur le Flysch et le crétacique, après avoir été arrachés par ce même mécanisme de leur gisement primitif.

La découverte de ce dernier fournirait certainement un jalon sûr pour fixer sinon la situation primitive de la nappe Préalpine, du moins une des étapes de son voyage. Des porphyrites et des gabbros ont aussi été découverts par Ischer dans la zone des cols. Il y en a de semblables dans les Alpes méridionales. Leur fréquence dans le Flysch ligurien est connue depuis longtemps. Ils ont été décrits par plusieurs géologues Italiens sous le nom de roches ophiolitiques.

(Communiqué à la Société vaudoise des sciences naturelles, le 18 décembre 1901.)

Digitized by Google

Quelques blocs erratiques intéressants de la moraine externe.

PAR LE

Dr B. ÆBERHARDT (Bienne).

Les blocs erratiques disséminés sur nos sommités et dans nos vallons, en dehors de la ligne des grandes moraines internes, blocs que CHARPENTIER[1] faisait arriver chez nous par de grands courants échappés des bords du glacier et dont A. GUYOT ne savait trop que faire, ont enfin trouvé leur place dans l'avant dernière glaciation (mésoglaciaire).

Or, comme l'avait déjà fait remarquer ce dernier, ces blocs sont rares dans la région située en dehors des grandes moraines du pied du Jura, et la carte au 1 : 25000 n'en indique guère qu'une dizaine dans le Jura bernois. D'autres depuis ont été relevés et M. le Dr L. ROLLIER[2] pour sa part en a indiqué bon nombre.

Blocs de la moraine externe.

Malheureusement je crois que jusqu'à maintenant on s'est fait une fausse idée de la répartition des diverses espèces de roches à l'intérieur de cette région du bassin glaciaire. Suivant en cela l'opinion de GUYOT[3] qui croyait ne rencontrer que des roches pennines (*arkésines, schistes chloriteux, gneiss d'Arolla*) dans cette contrée, plusieurs géologues, trompés d'ailleurs par le peu de matériaux à disposition, sont arrivés à cette conclusion que seules les roches pennines se rencontraient disséminées dans le mésoglaciaire; il n'en est rien. L'*arkesine*, il est vrai, prédomine, mais à côté d'elle,

[1] J. DE CHARPENTIER, *Essai sur les glaciers*, p. 280.

[2] L. ROLLIER, *Matériaux pour la carte géologique*, VIII livraison, 1er supplément.

[3] A. GUYOT, *Note sur la distribution des espèces de roches dans le bassin erratique du Rhône.*

Digitized by Google

plusieurs espèces caractéristiques du groupe du Mont-Rose et du Mont-Blanc comme *l'éclogite*, *l'euphotide*, la *protogine* s'y trouvent aussi.

Je cite:

Territoire de Sonceboz. Montagne du droit.

1° Lieu dit Vers la pompe. (Cote 930 m.) gros bloc *d'éclogite* de Saas cubant de 20-25 m³.

Ce bloc, accompagné de plus petits (*euphotide gneiss*), est doublement intéressant puisque Guyot prétend n'avoir jamais rencontré cette roche si ce n'est à l'état de galets dans la région orientale du bassin du Rhône et puis c'est probablement un des plus gros blocs de la région des moraines externes. Il repose sur la roche nue qu'il écrase de son poids et présente à sa partie inférieure des excavations dues sans doute au travail de l'eau de fusion du glacier.

A quelques pas on remarque un petit bloc de gneiss encastré dans une brêche de calcaire jurassien que M. le Dr Rollier[1] croit être d'origine protoglaciaire, ce qui paraît dès lors peu probable.

2° Petits blocs d'*éclogite* cubant chacun 1-2 m³, situés un peu plus au nord au fond d'un petit vallon (N. de la Schnegg)

3° Paturage de l'envers, tôt après le passage à niveau, ouest de la gare, bloc d'*arkésine*, puis dans le pâturage même, bloc de *protogine* ($^1/_2$ m³).

(Un autre bloc de *protogine* se voyait dans les champs, côté du droit, on l'a fait disparaître dernièrement).

4° Bord de la route cantonale Sonceboz la Heutte, non loin du passage à niveau de la *métairie de Nidau*, bloc de 2 m³, *protogine?*

Territoire de Corgémont. Paturage du droit.

1° Bloc d'*euphotide*[2] de Saas, 2 m³.

Ce bloc, un des plus intéressants de la région avec l'éclogite de Sonceboz se trouve à l'entrée du pâturage, au bord de le charrière Corgémont-Tramelan. Du Pasquier dans sa brochure intitulée: *Les limites de l'ancien glacier du Rhône le long du Jura* prétend que la moraine superficielle dans la région externe diffère de la moraine profonde par l'absence d'*euphotide* en bloc.

[1] Dr L. Rollier. *Matériaux pour la carte géologique*, VIII livraison 1er supplément.

[2] Cité par Dr L. Rollier sans détermination de roche.

Digitized by Google

2° 4 petits blocs d'*arkésine* disséminés sur le pâturage non loin du précédent et dont le volume varie entre $^1/_2$ m³ et 1 m³.

3° Bloc de *gneiss* riche en paillettes de mica noir et argenté (1 m³) même endroit.

4° Petit bloc de *protogine*, pâturage quartier de la Waldau.

5° Bloc d'*arkésine* au bord de la route, même quartier, à la sortie du village.

PATURAGE DE L'ENVERS.

6° Petits blocs de *protogine* gîtés non loin de la ciblerie.

7° 3 blocs d'*arkésine* dont deux cubant plusieurs mètres, situés au fond du vallon du Bez, non loin de LA TUILERIE.

8° Curieux bloc de *calcaire noir*, reposant au même endroit, en face de la Tuilerie. La roche est une sorte de cailloutis à galets noirs liés par un ciment gris jaunâtre.

Territoire de Cortébert. DROIT.

1° Bloc d'*arkésine* du bord de la Suze vers la colline de RAINSON, 2 m³.

2° Bloc d'"*arkésine*[1], pied ouest de la colline de RAINSON.

ENVERS.

3° Grosse plaque tabulaire d'*arkésine*[2] indiquée par la carte.

4° Bloc de *Gneiss d'Arolla*, 1 m³, mis à jour par la charrue et que l'on a fait disparaître depuis.

Ce sont donc une quarantaine de blocs erratiques dont les moindres cubent $^1/_2$ m³, gîtés dans un espace relativement restreint autour de **Corgémont, Sonceboz** et **Cortébert**[3]. Ce fait constaté ferait de ces 3 localités la région la plus intéressante pour l'étude des blocs du mésoglaciaire dans le Jura bernois, car je ne sache pas que nulle part ailleurs on trouve une aussi grande variété de roches. Ce fait d'ailleurs ne doit pas étonner puisque le vallon de Saint-Imier est le plus rapproché des grandes moraines internes et que c'est dans sa région inférieure qu'il est le plus large, c'est-à-dire qu'il y a

[1] Cité par Dr L. ROLLIER.

[2] *Idem.*

[3] Pour le haut du vallon de Saint-Imier et une partie du plateau des Franches Montagnes, voir la *Carte géologique des environs de Saint-Imier*, terrains quaternaires par L. ROLLIER.

Digitized by Google

eu le moins de chances pour que le mésoglaciaire fût recouvert par les éboulis ou le glaciaire jurassien plus jeune.

La présence de blocs d'*euphotide*, d'*éclogite*, de *protogine* dans la région externe n'infirme d'ailleurs en rien l'idée d'une double glaciation ; elle vient au contraire l'appuyer. En effet, la dispersion des roches n'étant pas la même entre le pied immédiat du Jura où les gros blocs sont presque uniquement de *protogine* et de *gneiss* et la région externe la plus voisine où l'on rencontre une beaucoup plus grande variété dans les espèces de roches[1], implique presque nécessairemeut l'existence de deux séries de phénomènes semblables.

Par contre l'existence côte à côte de roches comme l'*euphotide* et l'*éclogite* de Saas, l'*arkésine* du centre de la chaîne pennine, le *granit* du Mont-Blanc dans un espace aussi restreint diminue quelque peu la valeur de la loi de Guyot, laquelle ne serait probablement plus valable que pour les glaciers remplissant un fond de vallée, cette vallée fût-elle large comme le plateau suisse.

[1] Il est bien entendu que je ne fais allusion ici qu'à la contrée plus particulièrement étudiée.

Digitized by Google

Zur Entstehung der glarnerischen Alpenseen.

Von Samuel Blumer, von Nidfurn (Glarus).

Mit 4 Tafeln.

EINLEITUNG

Die glarnerischen Alpenseen haben schon wiederholt das Interesse von Geologen erweckt. Baltzer, Heim, Mösch, Rothpletz haben in ihren geologischen Arbeiten über die Glarner Alpen sich auch gelegentlich über die Natur und Entstehungsweise der in ihren Gebieten vorkommenden Seen geäussert. Allein es geschah dies nur nebenbei, da die genannten Forscher andere Ziele verfolgten. Ich habe mir nun die Aufgabe gestellt, die in den geologischen Werken über die Glarner Alpen zerstreuten Notizen über die Seen zusammenzustellen, sie durch eigene Beobachtungen zu vermehren und das so gewonnene Thatsachenmaterial in zusammenhängender Weise zu einer kleinen Monographie über die glarnerischen Alpenseen zu verarbeiten.

Die untersuchten Seen sind grösstenteils sog. *Hochseen*, d. h. sie finden sich in Höhen von 1100—2400 m. ü. M. im Gebiet der ersten Thalanfänge. Sie sind teils im Kalk- und Schiefergebirge, teils im Verrucano eingebettet. Im folgenden werden in einem speziellen Teil zuerst die Seen der ersten, dann die der zweiten Kategorie einzeln besprochen und dann in einem allgemeinen Teil einzelne gemeinsame Züge in der Erscheinung der Seen zusammengestellt. Es wurden im ganzen circa 15 Seen und Seelein untersucht, welche sich folgendermassen ordnen:

I. *Seen im Kalk- und Schiefergebirge.*

1. Der Thal- und Spanneggsee.
2. Der Oberblegi- und Guppensee.
3. Der Muttensee.
4. Der untere Wildmaad- oder Kühbodensee.

Digitized by Google

II. *Seen im Verrucano.*

1. Die drei Murgseen.
2. Der Milchspülersee.
3. Die drei Engiseelein.
4. Die Wildmaadseelein.

Anhangsweise erwähne ich noch eine Gruppe von Seen, die zu den *Thalseen* gehört, und zwar zu denjenigen, die, in tiefern Thalwegen liegend, durch Moränen oder Bergstürze aufgestaute Wasserbecken darstellen. Es sind das der Ober- und Niedersee (Seite 229).

Das Thatsachenmaterial zu vorliegender Arbeit sammelte ich in den Jahren 1897, 1898 und 1899 während meiner Thätigkeit als Lehrer an der Sekundarschule Obstalden. Den Sommer 1900 verwendete ich speziell für die Aufnahme der Kartenskizzen. Im Wintersemester 1900 erfolgte die Verarbeitung des gesammelten Beobachtungsmaterials im geologischen Institut der Universität Basel unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. C. Schmidt, welchem ich an dieser Stelle für seine fördernden Ratschläge meinen besten Dank ausspreche.

SPEZIELLER TEIL

I. Hochseen im Kalk- und Schiefergebirge.

1. Thal- und Spanneggsee.

Blatt 264 des Siegfriedatlas.

a) *Der Thalsee* (Tafel 4).

Zwischen dem Mürtschenstock (2415 m.) und seiner nördlichen Fortsetzung einerseits, dem Neuenkamm (1906 m.) anderseits ist ein schmales, S—N gerichtetes Alpenthal bis auf 1100 m. ü. M. eingesenkt, das «Thal». Im Süden lehnt sich das Thal mit steiler Halde an die im Mittel 1500 m. hohe Terrasse des Spanneggsees an, während seine Sohle in ihrem mittlern Teil das geringe Gefälle von 4—5 % zeigt, um dann weiter thalauswärts plötzlich wieder um circa 30 m. zu steigen bis zur ersten Sennhütte im Vorderthal. Von da an ist der Thalboden auf circa 100 m. fast horizontal, um dann in einem runsenartigen, scharf in die Felsen eingeschnittenen Thal seine Fortsetzung zu finden, das mit starkem Gefälle

Digitized by Google

dem Filzbach und damit dem Walensee zustrebt (vergl. hiemit beigegebenes Profil auf Tafel 4).

So bildet also das eigentliche « Thal » gewissermassen eine Schüssel, die nach Norden geneigt ist. Im tiefsten Punkt dieser Schüssel befindet sich ein kleiner See, der *Thalsee*.

Das Thalseelein hat eine Länge von circa 400 m. und eine mittlere Breite von 150 m. Nach Professor Dr. Asper und J. Heuscher, welche seiner Zeit bei Anlass ihrer biologischen Untersuchungen einer Reihe von ostschweizerischen Alpenseen[1] den Thalsee, sowie auch den Spanneggsee und die drei Murgseen ausgelotet haben, ist der Thalsee durchweg untief. « Die grösste Tiefe liegt in der Nähe des westlichen Ufers mit 2,8 m.; die Seemitte schwankt zwischen 2,3 und 2,4 m. Gegen das südliche und östliche Ufer steigt der Seeboden sanft an bis zu einer durchschnittlichen Ufertiefe von 0,5 m. » Die unsymmetrische Lage der Zone grösster Tiefe hart am linken oder westlichen Ufer ist wohl eher eine primäre, bedingt durch das Nordwesteinfallen der Malmschichten, als eine sekundäre, verursacht durch eine stärkere Auffüllung der östlichen Seehälfte.

Zuflüsse erhält das Seelein durch Quellen, die zum grössten Teil wohl unterseeisch aus den Schuttkegeln hervortreten, die vom Neuenkamm und Hohmatt herunter in den See sich hinausschieben. Einen konstanten Bach hat das Thal nicht.

Der Abfluss des Seeleins ist ein unterirdischer. Er befindet sich rechts am vordern Ende. Das Wasser fliesst hier mit gurgelndem Geräusch in eine Spalte des zerklüfteten anstehenden Troskalkes (oberster Malm).

Das Seebecken liegt ganz in anstehendem Gestein (Malm), und zwar bildet es, wie schon angedeutet wurde, nur den Boden einer grössern, in anstehendem Fels modellierten Wanne (vergl. Profil auf Tafel 4). Die Nordseite dieser Wanne bedarf noch einer nähern Besprechung. Am Nordufer erhebt sich zunächst aus dem See ein circa 5 m. hohes, teilweise abgeschrägtes Bord von anstehendem Troskalk, an welches sich nordwärts eine kleine Ebene anschliesst. Diese ist bedeckt mit einer Lehmschicht, welche gerundete und gekritzte Gerölle enthält. Auf der linken Seite dieser Ebene treten aus der Basis der seitlichen Schuttkegel mehrere Quellen heraus, welche über die Ebene dem See zufliessen. Die Ebene wird weiter nach Norden ganz schmal, indem von links die Schutt-

[1] Zur Naturgeschichte der Alpenseen. *Bericht der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft*, 1886/88.

Digitized by Google

kegel und von rechts ein Vorsprung des Berghanges ganz nahe zusammentreten. Dieser Vorsprung ist selber Träger einer höhern Terrasse, welche nach Norden in das bereits oben erwähnte, fast horizontale Thalstück bei der ersten Alphütte übergeht. Dieses Thalstück steht nun durch ein kurzes Thälchen oder einen Kennel mit der lehmigen Ebene in Verbindung. Der anstehende Troskalk dieses, der allgemeinen Thalrichtung entgegengesetzt geneigten Thälchens zeigt nun deutliche Gletscherschliffe. Im Anschnitt des Weges kann man ferner stellenweise eine harte Breccie beobachten, welche sich bei näherer Untersuchung als zusammengebackene Grundmoräne herausstellt. Auf dem horizontalen Thalstück vor der ersten Hütte liegen auch vereinzelte Sernifit- und Dolomitgerölle umher. In einer Grube auf diesem Thalstück wird sandig-lehmiger Kies mit vielen Sernifit- und Dolomitbrocken zur Beschotterung und zu Stallbauten ausgebeutet. Die kleine Ebene unmittelbar am See, das höhergelegene, horizontale Thalstück vor den Hütten, sowie der die beiden Stufen verbindende Kennel zeigen also unzweifelhafte Spuren ehemaliger Gletscherbedeckung. Beiläufig sei hier auch noch erwähnt, dass sich an der Westwand des Sees über dem hintern Ende bei günstiger Beleuchtung ebenfalls Gletscherschliffe erkennen lassen.

Wenn wir die geologischen Verhältnisse des Thalsees nochmals in aller Kürze zusammenfassen, so ergibt sich also folgendes:

1. Das Seebecken oder vielmehr die ganze Thalschüssel von den Hütten im Hinterthal bis zu denjenigen im Vorderthal liegt ganz in anstehendem Gestein. An eine blosse Abdämmung des Thales durch Schuttkegel oder Moränen kann nicht gedacht werden.

2. Durch Gletscherschliffe, Grundmoränen und verschwemmtes Moränenmaterial ist bewiesen, dass Gletschereis hier einmal anwesend war, und zwar zeigt die Lage der Moränen und der Schliffe, dass die Wanne, wenigstens zum grössten Teil, bereits modelliert war, als der Gletscher sich definitiv zurückzog.

Nach dem Ausgeführten liegt der Schluss nahe, das Seebecken möchte seine Existenz einer kolkenden oder aushobelnden Wirkungsweise des Gletschereises verdanken. Bevor ich aber auf eine Erklärung der Entstehung des Sees eintrete, führe ich noch einige Beobachtungen an, die sich an andern Punkten des Thales machen lassen. Im Hinterthal,

Digitized by Google

unmittelbar vor den Hütten, zieht sich eine wallähnliche Erhöhung quer durch das Thal, die aus zum Teil deutlich sichtbarem, mit Moränenschutt bedecktem, anstehendem Fels besteht. An diesem Wall entspringen seewärts mehrere Quellen. Thalaufwärts ist der tieferliegende Boden sehr lehmig, daher stellenweise weich und sumpfig. Durch Aufbrechen des Bodens und Ausfüllen der Gräben mit Geröll hat man denselben produktionsfähiger zu machen gesucht. Die starke Quelle, welche bei der rechten Hütte aus dem rechtsseitigen Gehängeschutt entspringt, verliert sich gegen den Wall. Wir haben es hier ohne Zweifel mit einem ehemaligen Seebecken zu thun, das aber schon ausgefüllt worden ist. Ebenso gibt es im Vorderthal grössere und kleinere, kesselförmige Vertiefungen im anstehenden karrigen Felsboden, deren Boden sich durch eine fettere Vegetation auszeichnet und die sich bei Regenwetter halb mit Wasser füllen. Die Becken liegen ganz in anstehendem Felsen, und zufliessende Rinnsale haben da und dort den Rand der Schüssel ausgeweitet. Das sich in der Hohlform sammelnde Wasser geht offenbar an derem Grunde unterirdisch ab, während der mitgeführte Schlamm zurückgehalten wird. Diese schüsselförmigen Gruben kann ich mir hier nur entstanden denken durch die chemische Einwirkung des Wassers auf den Malmkalk, der ein sehr reiner kohlensaurer Kalk ist. Diese Grubenbildung, beruhend also auf der chemischen Erosion des nach Spalten unterirdisch abfliessenden Wassers, ist also ein Seitenstück zur Karrenbildung des oberflächlich auf einer geneigten Gesteinsfläche abfliessenden Wassers. Die Karrenflächen sind denn auch wirklich in der Umgebung der Gruben eine verbreitete Erscheinung. Denken wir uns die Schüsseln wasserdichter und die zufliessenden Wasser konstanter, so entsteht ein See im kleinen. — Ganz hinten im « Thal » ist das sog. Hellloch, ein circa 10 m. tiefer und 10 m. im Durchmesser haltender, senkrecht in die anstehenden Malmschichten eingelassener Hohlcylinder. Vom nahen Berghang fliesst Regenwasser und rutscht Lawinenschnee in das Loch hinein, ohne dass sich aber dieses mit Wasser anfüllt. Hier geht also das Wasser rasch unterirdisch fort. Die Steilheit und scharfe Umrissenheit der Borde schliesst eine Entstehung durch die auskolkende Wirkung von Wasser oder Eis aus. Hier bleibt wieder als *einzige* mögliche Erklärung die, dass in dem zerklüfteten, der chemischen Erosion sehr zugänglichen Malmkalk durch versiegendes Wasser eine Doline erzeugt wurde. Denken wir uns die jetzt noch senkrechten Wände des Hellloches durch

Digitized by Google

die Erosion zufliessender Wasser abgeschrägt, so entsteht ein schüsselförmiges Becken im anstehenden Gestein.

Geleitet durch die angeführten Beobachtungen, komme ich zu folgender Erklärung des Thalsees:

Das jetzige Thal besass früher einen Thalboden in höherm Niveau. Ein Rest desselben ist das schon mehrfach erwähnte Thalstück Alphütten-Scheidweggen. Dieser alte, gleichmässig nach Norden geneigte Thalboden nahm allmählich seine heutige komplizierte Gestalt an. Wir denken uns folgenden Gang der Entwicklung:

1. In dem alten Thalboden, ausgespült in dem zerklüfteten Malmkalk, bildeten sich durch unterirdische Erosion Dolinen, wie wir eine solche im Hellloch kennen gelernt haben.

2. Durch die zufliessenden Wasser wurden diese Schlote oder Trichter schüsselförmig ausgeweitet, und zwar fand naturgemäss die Ausweitung des Randes am stärksten nach der Seite hin statt, von der der meiste Zufluss erfolgte. Die kleinen Becken im Vorderthal zeigen gegenwärtig dieses Stadium der Wannenbildung.

3. In einem weitern Stadium wurde der Boden dieser Hohlformen gedichtet, und es füllten sich diese zum Teil mit Wasser. Diese Stufe repräsentiert der Thalsee, bei welchem die Dichtung des Bodens wahrscheinlich durch die fluvioglazialen Aufschüttungen zur Zeit des Rückzugs des Gletschers bewirkt wurde.

4. Die Auffüllung erreichte einen solchen Grad, dass die ganze Wanne mit Geschiebe sich füllte. So entstanden Ebenen, zum Teil wegen Wasserundurchlässigkeit sumpfig. Die sumpfige Depression bei den Hütten im Hinterthal ist wahrscheinlich ein solches durch fluvio-glaziale Depots aufgefülltes Becken.

Obgleich ich gerne zugebe, dass bei der Ausgestaltung der Wanne des Thalsees der Gletscher mitgewirkt hat, so muss ich doch wegen den oben angeführten Beobachtungen den Thalsee in die Klasse der *Dolinen-* oder *Karstseen* einreihen (vergl. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 2. Teil, Seite 269—290). Der Gletscher hat bei der Bildung des Beckens nur eine sekundäre Rolle gespielt, indem er dasselbe im Detail modellierte, die Hauptarbeit hat aber die chemische Erosion des nach Spalten unterirdisch abfliessenden Wassers verrichtet. Aus der Lage der Gletcherschliffe und der Grundmoränenrelikte folgt, dass wenigstens der grösste Teil der

Digitized by Google

Hohlform bereits gebildet war, als der Gletscher sich zurückzog; also muss die Dolinenbildung vor der letzten Vergletscherung stattgefunden haben. Es wäre aber möglich, dass sie auch unter der Eisbedeckung während der letzten Vergletscherung, vielleicht gegen den Schluss derselben, weiter fortschritt. Für letztere Anschauung scheint mir die Beschaffenheit des Nordufers der Wanne zu sprechen. Ich kann mir die Entstehung der lehmigen Terrasse in demselben nicht anders erklären, als durch die Annahme, der Gletscher hätte vor ihrem Anfang und hinter ihrem Ende je längere Zeit sein Ende gehabt. Während des ersten stationären Zustandes bildete sich unter ihm durch die auflösende Thätigkeit des subglacial nach Spalten abfliessenden Schmelzwassers im Verein mit dem Gletscherschliff eine flache Schüssel, deren Boden im Niveau der lehmigen Terrasse lag. Beim zweiten stationären Zustand vertiefte sich unter dem zurückgegangenen Gletscher der Boden neuerdings, während die vom Eise verlassene Fläche des erstern Schüsselbodens als kleine Ebene, mit Grundmoränen-Material überführt, erhalten bleiben musste.

Zum Schlusse mag noch angeführt werden, dass wir in unmittelbarer Nähe des Thalsees das Wasser in seiner auflösenden Thätigkeit sozusagen an seiner Arbeit sehen können. Auf der Westseite des Sees bemerken wir mehrere Reihen von senkrecht übereinander angeordneten, kesselartigen Ausweitungen in der Troskalkwand. Gehen wir in die unterste und grösste hinein, so beobachten wir in der Decke der Höhle Spalten, durch die fortwährend Wasser heruntertropft. Bei weiterm Beobachten findet man, dass sämtliche Kessel einer senkrechten Reihe durch Spalten miteinander verbunden sind, und man bekommt den Eindruck, dass diese Hohlformen entstanden seien durch die auflösende Thätigkeit des durch die Spalten abwärts tropfenden Wassers.

b) *Der Spanneggsee.*

Da die im folgenden zu besprechenden orographischen und geologischen Verhältnisse auf Blatt 264 des Siegfried-Atlas deutlich genug zum Ausdruck kommen, so wurde von einer besondern Kartenskizze Umgang genommen.

Der Spanneggsee, 1458 m. ü. M., liegt am Grunde einer trichterförmigen, dreieckigen Wanne, welche in eine höhere Thalstufe des « Thales », die Spannegg-Plattenalp, eingesenkt ist. Diese Thalstufe fällt nach Norden in steilem Absturz nach

Digitized by Google

der Thalalp ab. Sie liegt mehr im Streichen der Schichten, wie wir denn noch mancherorts auf die Thatsache stossen, dass die Alpenthäler in ihren obersten Stufen mehr Längsthäler sind. Zwischen See und Terrassenabsturz ist von dem ehemaligen Thalboden nur ein verhältnismässig schmaler Querriegel übrig geblieben, der aus oberstem Dogger und Schiltkalk (Oxford) besteht.

Das Seelein, das von den mächtigen Schuttkegeln des Mürtschenstocks immer mehr gegen den Querriegel gedrückt wird, hat ungefähr die gleiche Grösse wie der Thalsee, ist aber etwas tiefer. ASPER und HEUSCHER[1] massen in der Seemitte 6,5 m. « Der Seegrund ist auf grosse Ausdehnung flach, die Ufer fallen steil ab, wenige Meter vom Ufer messen wir 3 m., dann 4,5 und 6 m. »

Das Seelein besitzt zwei in ihrer Wassermenge stark schwankende Zuflüsse am südlichen Ufer, wo wir auch den flachsten und am sanftesten abfallenden Seegrund finden. Jedenfalls erhält das Seelein auch ergiebigen unterseeischen Zufluss aus der Basis der grossen Mürtschenstock-Schuttkegel. Ein Auslauf ist nicht konstatierbar. Das meiste Wasser scheint langsam am Grunde zu versiegen.

Bei niederm Wasserstande im See sichtbar werdende gerundete Felsriffe scheinen zu beweisen, dass die ganze Wanne bereits modelliert war, als der Gletseher, oder hier wohl eher der Firn, sich zurückzog. Anderseits schliessen die geringe Modellierung des Querriegels, sowie die Grösse der Wanne, deren tiefsten Punkt nur das Seelein einnimmt, eine Auskolkung durch das Eis aus. Es drängen uns vielmehr die trichterförmige Gestalt der Wanne und die Durchlässigkeit des durch komplizierte Gebirgsbewegungen hart mitgenommenen Kalkgesteins, welche sich auch darin äussert, dass auch jetzt alles zufliessende Wasser, soweit es nicht verdunstet, unterirdisch fortgeht und dass der eine der beiden Zuflüsse bei geringer Wassermenge den See nicht erreicht, sondern vorher versiegt, die Ueberzeugung auf, dass auch der Spanneggsee ein sog. *Karst-* oder *Dolinensee* sei.

Wie oben bereits angedeutet wurde, muss die Wannenbildung *vor*, vielleicht zu einem Teil auch *während* der letzten Vereisung stattgefunden haben, wie es auch beim Thalsee der Fall war. Damit stimmt sehr gut die Thatsache, dass gegenwärtig beide Seebecken im Zustande der Auffüllung

[1] *Bericht der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft*, 1885 bis 1888.

Digitized by Google

sind, indem sowohl beim Thalsee, als namentlich beim Spanneggsee die Schuttkegel von den Seitenwänden herunter sich immer weiter in den See hinausschieben. Man gewinnt bei ihrem Anblick unwillkürlich die Vorstellung, dass während der letzten Vereisung die Trichter durch die sie erfüllenden Eis- oder Firnmassen vor einer solchen Auffüllung geschützt waren. Die von den Seitenwänden abwitternden Felstrümmer wurden in Form von Gletscher- oder Firnmoränen über den Rand der Hohlform hinaustransportiert. So blieb der Boden geschiebefrei, und beständig konnte das Schmelzwasser der Einlagerung auf ihn einwirken und so die Doline weiterbilden. Nach dem Verschwinden des Gletschers oder Firns begann sofort der Prozess der Auffüllung.

Andere Ansichten über die Entstehung von Thal- und Spanneggsee.

Mösch erwähnt in seinem Buche: *Geologische Beschreibung der Kalkstein- und Schiefergebirge der Kantone St. Gallen, Appenzell und Glarus*[1] den Spannegg- und Thalsee mit den Worten:

« Beide ohne sichtbaren Ab- und Zufluss. Sie scheinen gleichen Ursprungs wie die Murgseen (= Erosionsseen, entstanden durch die in ihre Becken herabstürzenden Gewässer, nach Art der Fjorde Norwegens). Ihre Ufer sind auf allen Seiten von den See überragenden Felsschichten umgeben. »

Gegen diese Anschauung habe ich folgende Gründe anzuführen:

1. Grosse Wassermassen können in diesen Thälern nie cirkuliert haben.

2. Selbst grosse Wasserfälle kolken nur unbedeutend.

3. Die Seebecken sind nur kleine Teile der ganzen Felswannen, welch letztere bei beiden Seen, namentlich aber beim Spanneggsee bedeutende, sowohl Längen- und Breiten-, als auch Tiefendimensionen aufweisen (Tiefe der Wanne beim Spanneggsee 40—50 m., Inhalt der 50 m. über dem Seegrund gelegenen Niveaufläche circa 200,000 m².

Rothpletz hingegen glaubt in seinem Buche: *Das geotektonische Problem der Glarner Alpen* den beiden Seen einen tektonischen Ursprung zuschreiben zu müssen:

[1] Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, 14. Lief., S. 299.

Digitized by Google

« Beiden Thalstücken ist ihre Fortsetzung nach unten durch eine Hebung des Mürtschenstocks auf N—S streichender Verwerfungsspalte abgeschnitten worden. »

In diesem Falle müsste aber die Verwerfung jünger sein, als die Bildung der beiden Thalstufen, was nicht sehr wahrscheinlich ist. Allein abgesehen davon, ist es mir nicht gelungen, eine Verwerfungslinie zwischen dem Querriegel vor dem Spanneggsee und dem Mürtschenstock zu konstatieren; im Gegenteil scheint sich der obere Dogger (Echinodermenbreccie und Blegioolith) und der Schiltkalk des Querriegels ungestört in und durch das Gestell des Mürtschenstocks fortzusetzen. Verwerfungen sind allerdings in der Nähe des Spanneggsees zu beobachten (vide Heim, *Gebirge zwischen Reuss und Rhein*, S. 192). Allein diese müssen älter als die Bildung der Thalstufen sein, so dass auch in diesem Falle die Wannenbildung nur ein Produkt der spätern Erosion sein kann.

Für das Phänomen der unterirdischen Erosion in allen ihren Stadien bietet das Hochplateau « Wallenfässis » im Osten des Heustocks interessante Einzelheiten. Wir finden da eine ganze Anzahl von trichterförmigen Vertiefungen, eingesenkt in den gelblich-weissen, karrigen Röthidolomit. Nach diesen Trichtern sind von der Bergseite her in den auflagernden roten, leicht verschwemmbaren Quartenschiefer prachtvolle Thälchen ausgespült worden mit sehr verschiedenem Gefälle. Neben ganz kurzen Thälchen, welche steil zu den gut sichtbaren Spalten des Trichters abfallen, gibt es längere und breitere Thäler mit sanftem Gefälle, an derem Ende die Trichterspalten je unter einer deutlich ausgeprägten, kleinen Alluvial-Ebene verdeckt liegen. Auf der Südseite des Heustocks, in der Schafweide der Fässisalp haben sich in einem solchen blinden Thale, ausgespült im Quartenschiefer, mehrere kleine Seen gebildet.

2. Oberblegi- und Guppensee.

Blatt 400 des Siegfriedatlas.

Der Oberblegi- und Guppensee zeigen die gleichen physikalischen und geologischen Verhältnisse, nur in ungleichem Masstab. Beide liegen in kleinen Längsthälern, welche in den Opalinusthonen zweier Terrassen am Südostabhang des Mittel- und Hinterglärnisch ausgespült sind. Beide Seen haben

Digitized by Google

ferner das gemein, dass ihre Thäler nach Süden sich senken, und dass sie bei ziemlich reichem Zufluss von den Firnbändern des Glärnisch ihre Wasser unterirdisch durch zum Teil deutlich sichtbare Spalten des anstehenden, mit circa 40° in den Berg einfallenden Liasgesteins abfliessen lassen.

Wie gesagt, liegen beide Seen im tiefsten Teil jetzt blind endigender Thäler. Das Thalstück, welches je thalauswärts der beiden Seen liegt, beansprucht am meisten unser Interesse, da dessen genaue Untersuchung uns vielleicht den Schlüssel zur Erkennung der Entstehung der beiden Seen liefert. Der Oberblegisee, den wir zuerst besprechen, ist der grössere der beiden Seen, und die hier zu konstatierenden Verhältnisse finden sich in kleinerm Masstabe beim Guppensee wieder.

a) *Der Oberblegisee* (1426 m. ü. M.).

(Tafel 5).

Vor dem See liegt ein circa 200 m. breites Terrassenstück, das mit kleineren Liaswänden steil nach dem Linththale zu abfällt. Dieses Plateau, das nichts anderes als ein übrig gebliebenes Stück eines alten Thalbodens des Oberblegiseethales ist, besteht aus in den Berg einfallenden Liaskalken, die ihre von Gletscherschliffen geglätteten Schichtflächen zwischen mehreren Kränzen von Endmoränen des alten Glärnischgletschers hie und da sichtbar werden lassen. Dieses Plateau zeigt an mehreren Stellen des nach dem Linththal zugekehrten Randes eingesattelte Stellen, die mit Moränenmaterial erfüllt sind und sich als ehemalige Wasserrinnen zu erkennen geben. Doch lässt sich am felsigen Terrassenabsturz leicht nachweisen, dass diese Wasserläufe sich nie so tief in die Liasbarriere eingeschnitten haben, dass ihre Rinnen die direkte Fortsetzung des Seebodens bilden könnten. Wir haben also im Oberblegisee keineswegs eine blosse Abdämmung eines Wasserlaufes durch Moränen vor uns. Es bildet sich vielmehr bei den Beobachtungen die Ueberzeugung aus, dass das Seebecken in anstehendem Fels gebildet sei. Man könnte nun an eine Auskolkung der Wanne durch Gletschereis denken, umsomehr, als das Becken in den weichen Opalinusschiefern liegt. Wirklich treffen wir auf zahlreiche Spuren ehemaliger Gletscherthätigkeit. Auf dem Plateau vor dem See liegen mehrere Kränze von Endmoränen des alten Bächifirngletschers (siehe Kartenskizze auf Tafel 5). Freiliegende Felsköpfe der Liasbarriere zeigen schöne

Digitized by Google

Gletscherschliffe, die sich bei niederm Wasserstand des Sees bis tief unter das gewöhnliche Seeniveau konstatieren lassen. Letztere Erscheinung beweist, dass wenigstens ein Teil des Seebeckens bereits modelliert war, als sich der Gletscher zurückzog. Allein gegen eine Auskolkung durch Eis spricht der Umstand, dass nach den von Dr. H. Fischli seiner Zeit gemachten Vermessungen (Schweiz. Alpenpost 1883) das Seebecken eine ziemlich beträchtliche Tiefe (30 m.) und eine trichterförmige Beschaffenheit aufweist, während doch sicher ein Gletscher ein sehr flaches, schüsselförmiges Becken mit auf grosse Strecken fast ebenem Boden auskolken müsste.

Wenn wir den Ufersaum bei niederm Wasserstand untersuchen, so treffen wir an mehreren Stellen auf über zollbreite Spalten, die stellenweise zu einer Art Trichter erweitert sind. In diese Spalten, bezw. Trichter strömt das Wasser mit einem eigentümlichen Rauschen hinein. Diese Spalten lassen sich vom Seespiegel oft mehrere Meter aufwärts deutlich verfolgen, bis dann Schutt oder Vegetation sie verdeckt. Ich habe 5 solcher Abflusspalten konstatieren können. Sie streichen alle mehr oder weniger SO-NW, also senkrecht zum Streichen der Schichten. Die wichtigste Abflusstelle findet sich vorn am See auf Rietlen. Bei normalem Wasserstand bemerkt man sie nicht. Bei niedrigem Wasserstand im Winter hingegen fliesst vom Seespiegel her ein Bach auf dem nun trocken gelegten Seeboden dahin, der sich in zwei Aeste teilt, welch' letztere in zwei trichterförmigen Gruben sich verlieren. Während der zu Tage getretene Seeboden mit einer 30—50 cm. mächtigen Schicht eines schwärzlichen Schlammes bedeckt ist, sind Bachbett und Gruben davon frei und wir sehen, dass Bachbett und Gruben nichts anderes sind als Spalten, die mit scharfkantigem Geröll grössern und kleineren Kalibers erfüllt sind. Das Anschlagen einer Anzahl der eckigen Felsstücke lässt erkennen, dass diese von Moränen des Bächifirngletschers herrühren müssen, da Malm und Kreide vorherrschen.

Oftmals sieht man auch an über dem normalen Spiegel liegenden Stellen der vom Gletscher geglätteten Liasschichten Löcher, mit Heu, Gras, Holz erfüllt. Es sind dies nichts anders als Abflussröhren, welche nur bei aussergewöhnlich hohem Wasserstand in Funktion treten. Wir sehen aus den angeführten Thatsachen deutlich, dass der Abfluss des Sees ein unterirdischer ist, der durch Spalten des anstehenden Gesteins erfolgt. Je höher der See steigt, ein desto grösserer

Digitized by Google

Querschnitt der Spalten, resp. desto mehr Abflusstrichter treten in Wirksamkeit. Dass der Lias klüftereich und so zur Bildung von Abflusspalten geeignet ist, kann Niemand wundern, der die Tektonik des Glärnisch kennt; bildet doch der Lias die Basis einer übergeschobenen Gebirgsmasse.

Aus dem Angeführten ergibt sich, dass der Oberblegisee wohl am besten als Dolinensee aufzufassen ist, der aber auch eine Einwirkung durch Gletscherthätigkeit erfahren hat. Die Opalinusthone werden einst am Südostabhang des Glärnisch eine Verwitterungsterrasse gebildet haben, wie es gegenwärtig die Valanginien-Mergel des obern Firnbandes und die Drusbergschichten der Guppenfirnterrasse in grösserer Höhe thun. Ein Rest dieser ehemaligen Verwitterungsterrasse ist die Grenzscheide zwischen der Oberblegi- und Guppenalp. Ueber diese Terrasse flossen die Bäche, welche von den hangenden Malmwänden herunterkamen, weg und erzeugten am Terrassenabhang Erosionsfurchen. Von einem solchen einstigen Zustand zeugt die verlassene Erosionsfurche des Leuggelbaches, die sich deutlich bis auf den einstigen Terrassenrand hinauf verfolgen lässt, während doch jetzt der Bach als Quelle erst circa 500 Meter unter dem Rande aus dem Terrassenabhang heraustritt (vide Baltzer, *Glärnisch*, S. 63). In einem folgenden Zeitraum wurde auf der Terrasse durch Erosion gegen das Bächithal hin ein sekundäres Längsthal ausgewaschen, und die Bäche, die früher direkt über die Terrasse weggeflossen waren, sammelten sich nun in diesem Längsthal und nahmen über Rietlen hinaus ihren Weg zum Bächibach. In einem folgenden Stadium nun gerieten die erodierenden Wasser auf das Liegende der so leicht verwaschbaren Opalinusthone, auf den spaltenreichen Liaskalk und verloren sich in dessen Spalten. Nach diesen Spalten wurden nun Trichter im Thalboden erodiert. Die einzelnen Trichter verschmolzen im Laufe des Prozesses zu einem Gesamttrichter. Nun rückte die Schneegrenze in die Nähe der Terrasse und das Tal füllte sich mit einem Firn. Die ehemalige Firnbedeckung hatte nicht immer die gleiche Mächtigkeit. Zur Zeit ihrer grössten Mächtigkeit reichte sie bis zum Punkt 1665 m. hinauf, was einer Mächtigkeit von rund 200 m. entspricht, und lagerte dann bei schwindender Mächtigkeit die Moränen des « Weissgandes » ab, die mit ihrem hellen Malmgestein so vom dunkeln Liaskalk des einstigen Terrassenrandes kontrastieren. Das Ende der Eiszunge muss bei diesem Hochstande ziemlich weit hinabgereicht haben bis in den Oberblegi-Unterstafel und noch

Digitized by Google

weiter hinunter. Zeugen davon sind die ansehnlichen Moränenwälle auf Oberblegi-Unterstafel, Zeferzaun, Bärensool.

Einen spätern Stand des sich zurückziehenden Oberblegigletschers markieren die Kränze von Endmoränen vorn am See auf Rietlen und die prachtvoll erhaltenen Moränenbogen, hinten im Talkessel am linken Gehänge. Während dieser Periode hing das Gletscherende vielfach über den Terrassenabsturz von Rietlen herunter und es fanden wohl häufige Gletscher-Abstürze statt. Die Gletscherstürze, die auch Moränenmaterial mitrissen, gaben wohl Veranlassung zur Bildung der Moränenschuttkegel, die sich vom Terrassenabsturz bis in die Unterstäfel von Oberblegi und Bächi hinunterziehen. Eine dritte Phase im Rückzuge des Glärnischgletschers bezeichnet die Moräne hinter den Hütten im Oberstafel. Durch diese Gletscher-, resp. Firneinlagerung wurde das kleine Längsthal des Oberblegisees in seiner Gestalt modifiziert: es erhielt einen kahrähnlichen Charakter[1]. Aber auch der Trichter in der Sohle des Thales wurde durch die abschleifende Thätigkeit des Eises ummodelliert. Beim Rückzuge des Gletschers, der, wie aus der Folge der Moränen zu ersehen ist, ein langsamer gewesen sein muss, wurden die Trichterspalten durch die Moränendepôts zum Teil verstopft, und die Hohlform, welche bis zu diesem Zeitpunkt durch die Gletschereinlagerung vor einer Auffüllung mit Schutt geschützt war, musste sich zu einem Teil mit Wasser füllen.

Wohin gelangen aber die Abflusswasser? Am Absturz des Plateau von Rietlen nach dem Oberblegi- und Bächi-Unterstafel treffen wir am Fusse der Liaswand zahlreiche Quellen, die zum Teil sich sammeln und kleinere Bäche bilden, welch letztere aber bald in den Schutthalden, die sich an den Terrassenabsturz anlehnen, versiegen. Weiter unten hingegen, im « Zeferzaun » und « Brückli » kommen zahlreiche, sehr konstante Quellbäche zu Tage, welche dem Luchsingerbach zueilen. Ich glaube nicht fehl zu gehen, wenn ich diese Quellbäche, die noch am Nachweihnachtstage 1900 eine unverminderte Wassermenge führten, während die oberhalb liegenden Quellen abgestorben waren, mit dem Abflusswasser des Oberblegisees in Verbindung bringe, obgleich ein direkter Nachweis eines solchen Zusammenhanges vermittelst Fluorescein, den ich in den Weihnachtsferien oben genannten Jahres machte, ein negatives Resultat ergab.

[1] Siehe bei Richter, *Geomorph. Unters. in den Hochalpen*, den Abschnitt: Entstehung der Kahre. *Petermanns Mitteil.*, Erg.-Heft 132, 1900.

Digitized by Google

Die Dauer der Beobachtungszeit (24 Stunden) war wahrscheinlich nicht ausreichend. Unmittelbar vor der Einmündung des Alpweges auf der Nordseite in den Unterstafel der Oberblegialp kommen mehrere Quellen hervor, die zusammen den Steinigerbach bilden. Auch weiterhin nach N kommen am Linththalgehänge mehrere Wasser zum Vorscheine, von denen es dahingestellt bleiben muss, ob sie vom Oberblegisee kommen oder blos die Sammelquellen der Atmosphärilien sind, die auf die Rücken des Weissgand und des Eyenstockes fallen. Die nördlichste und beträchtlichste dieser Quellen ist der Leuggelbach oder Vorbach, der aus mehreren Röhren hoch oben an einer Felswand in der Nähe einer Ueberschiebungsfläche herausströmt. Von Alters her galt er beim Volke als der Abfluss des geheimnisvollen Oberblegisees, welche Anschauung in einer Sage Ausdruck gefunden hat. Allein seine Entfernung vom See, die auf der Karte gemessen 1,4 km. beträgt, macht es nicht sehr wahrscheinlich, dass sein Wasser aus dem See kommt. Ueberdies haben mehrere ausgedehnte Färbversuche mit Fluorescein stets ein negatives Ergebnis geliefert. Viel wahrscheinlicher ist, dass der Leuggelbach die Sammelquelle der Wasser ist, welche auf den Liasrücken von Eyen-Leuggelstock und in den Hintergrund des Oberblegiseethales fallen.

Dass die Trichterbildung im Lias dieser Gegend ein thatsächlicher Vorgang ist, lässt sich heutzutage noch beobachten. Bei einer Begehung des Liasplateau des Leuggelstockes trifft man sehr viele trichterförmige Vertiefungen an in verschiedenen Stadien der Entwickelung. Während einige Trichter blos Löcher darstellen, wo alles sich darin sammelnde Wasser rasch versiegt, haben bei andern die Zuflüsse die Wand des Trichters eingethalt und auf dem Grunde schon Auffüllungen bewirkt. Bei einigen von diesen Trichtern welche gegen den Rand des Plateaus zu liegen, konnte ich konstatieren, dass sie in unmittelbarem Zusammenhange mit einer am Ausgehenden deutlich sichtbaren Spalte stehen. Bei dieser karstigen Beschaffenheit des Lias ist leicht einzusehen, dass auf seiner ganzen Oberfläche die atmosphärischen Niederschläge schnell in den Boden sickern und im Innern des Stockes sich sammeln werden, um an der Basis an geeigneten Stellen als Quellen wieder zum Vorschein zu kommen. So tritt der Leuggelbach in der Nähe der Linie zu Tage, längs welcher sich der Lias des Glärnisch über den Dogger im Dache einer tiefern Schichtreihe übergeschoben hat.

Digitized by Google

b) *Der Guppensee* (circa 1520 m. ü. M. Taf. 7)[1].

Derselbe hat genau dieselbe Entstehung wie der Oberblegisee; nur liegen hier die Abflusstrichter so tief und stehen in einem solchen Verhältnis zu den Zuflüssen, dass sich der Boden des Felsbeckens kaum 2 m. hoch mit Wasser bedeckt. Auch hier zeigt die Lage der Moränen an, dass das Seebecken schon ausgespült war, als der Glärnischgletscher sich zurückzog. Das ganze Liasplateau der Guppenalp ist ebenfalls sehr reich an kleinern Trichtern und unterirdischen Hohlräumen (« Töniloch »), wesshalb auch hier die atmosphärischen Niederschläge rasch in den Berg hinein sich verlieren, um am Linththalabhang in Form von Quellen zu Tage zu treten. Zu diesen gehört der Alpli-Brunnen, der aus dem Dach des Sernifits heraustritt. Vielleicht empfangen auch die zahlreichen Quellen der Flyschterrasse von Leuggelen von diesem Wasser. Interessant sind noch die zahlreichen verlassenen Erosionsrinnen, die sich am Rand der Terrasse von Oberguppen zeigen und steil nach dem Linththal hinuntergehen. Diese sind der Reihe nach von N nach S durch die Thalbildung auf der Guppenterrasse ausser Funktion gesetzt worden. Das tiefste Niveau unter den Anfangspunkten dieser Erosionsrinnen besitzt die Leuggellücke, der Anfangspunkt der südlichsten Erosionsrinne, der jetzt wasserleeren Glättenruns, welche allem Anscheine nach zuletzt der oberirdische Abfluss der Wasser des Guppenthälchens gewesen ist.

Ein Wort verdient noch der dilluviale Guppengletscher. Zur Zeit seiner grössten Ausdehnung reichte er von Guppen durch die « Dole » und über die Terrasse von Leuggelen bis nach dem Dörfchen Nidfurn hinunter. Einen Beweis hiefür liefert die Moräne auf der Matt (600 m.) bei Nidfurn, die fast ganz aus den Gesteinen des Glärnisch gebildet ist und die Seitenmoräne auf dem Bord des Eggberges (900 m.) auf Leuggelen. Einer spätern Phase entsprechen die Geschiebe und die Blockanhäufung der Leuggelenberge. Noch später hatte sich das Gletscherende bis auf Guppen zurückgezogen, wo der Gletscher wohl längere Zeit stationär blieb und die zahlreichen Moränen ablagerte, die sich jetzt noch so auffällig machen (vide Kartenskizze auf Tafel 7).

Die gleiche Entstehung wie der Oberblegisee und Guppen-

[1] Aus Versehen wurde der Guppensee falsch orientiert; die Längsachse der Wanne geht nicht SE—NW, sondern SW—NE.

Digitized by Google

see hat das auf der Terrasse des obern Stafels der Brächalp liegende *Brächseelein* (1635 m.), das aber im Sommer oft ganz wasserleer ist. Auch die Wasser dieser Terrasse sammeln sich durch Spalten im Innern des Gebirges und kommen am Terrassenabsturz als starke Quellen zum Vorschein.

Geschichtliches.

Baltzer widmet in seiner klassischen Arbeit über den Glärnisch[1] dem Oberblegisee auf Seite 63 einen sehr ansprechenden Abschnitt. Er fasst darin den Oberblegisee als einen Erosionstrichtersee auf. Meine eigenen Untersuchungen stimmen vollständig mit Baltzers Anschauungen überein und bilden nur eine Ergänzung seiner diesbezüglichen Ausführungen.

Fischli vermass 1883 den See und stellte zahlreiche Beobachtungen über den Härtegrad seines Wassers im Vergleich zu demjenigen der umliegenden Bäche und Quellen an[2].

Swerinzew[3] glaubte die Entstehung des Oberblegisees, wie überhaupt der meisten Alpenseen, auf die kolkende Wirkung der Bäche und auch teilweise des Eises zurückführen zu können. — Was die Auskolkung durch das Wasser speziell anbelangt, so verweise ich auf den Umstand, dass die jetzigen Zuflüsse statt auskolkend, ablagernd wirken. Aber selbst wenn man grössere Wassermengen in Rechnung bringt, so erscheint es unmöglich, dass die Abflüsse der schmalen Firnterrassen der Südostseite des Bächistocks eine Gesteins- oder besser eine Schiefermasse vom Inhalt der Seewanne über eine Schwelle hinausbefördert hätten, deren tiefste Stellen circa 40 m. über dem jetzigen Seegrund liegen[4]. — Was eine Auskolkung durch den Gletscher anbelangt, so habe ich auf Seite 208 schon die Gründe angegeben, welche mir gegen eine Modellierung der Wanne des Oberblegisees durch den Gletscher *allein* zu sprechen scheinen. In der That ist auch das Relief der Seewanne noch lange kein so glaciales, wie es der Fall sein müsste, wenn der Gletscher die Wanne gegraben hätte. Noch deutlicher als beim Oberblegisee spricht die Form der Wanne beim Guppensee gegen Wasser- oder

[1] Der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues, 1873.
[2] *Schweizerische Alpenpost*, 1883.
[3] Zur Entstehung der Alpenseen. *Inaugural-Dissertation*, Zürich 1896.
[4] Vergleiche ferner die Besprechung der Dissertation von Swerinzew durch Baltzer in den *Eclogæ Geologicæ Helvetiæ*, V, No 3, Juli 1897.

Digitized by Google

Eiskolk und für unterirdische Erosion im Sinne der Trichterbildung.

Rothpletz endlich rechnet in seinem Buche: *Das geotektonische Problem der Glarner Alpen* den Oberblegisee ebenfalls zu den Dolinenseen, ohne allerdings auf eine nähere Begründung einzutreten.

3. Der Muttensee (2442 m. ü. M.)[1].

Blatt 404 des Siegfriedatlas.

Der Muttensee ist der höchstgelegene und zugleich grösste Gebirgssee des Kantons Glarus (circa 1 km. breit und 500 m. lang). Er liegt mit noch einigen Trabanten in einem kesselförmigen Hochthal, das sich zwischen Nüschenstock, Scheidstöckli und Ruchi drängt. Dieses Hochthal erweist sich durch seine Form als ein inaktives Kar, d. h. es verdankt seine Form einer ehemaligen Gletschereinlagerung, wie es heutzutage noch bei den benachbarten Hochthälern der Gletscher von Cavirolas, Fluaz der Fall ist. In der That zeigen die Nummulitenkalke und eocänen Quarzite des Vorlandes des Sees prachtvolle Gletscherschliffe mit Schrammen und tragen stellenweise viel gerundetes Moränenmaterial. Das Vorland weist aber auch viele Spalten und Trichter auf und trägt mehrere kleine Seelein, deren Ausflüsse nach dem Hauptsee zurückfliessen. Der Abfluss des Sees ist eine Strecke weit ein oberirdischer, dann aber verschwindet der Bach, nachdem er in ein Thälchen hinuntergestürzt ist, daselbst in einem Trichter, wie es auch die Karte angiebt. Der Wiederaustritt aus dem Boden ist nicht mehr zu konstatieren, obgleich die Karte den Muttenbach als Fortsetzung erscheinen lässt. Letzterer kommt aber nicht als Quelle aus dem Boden, sondern von den Firnbändern, «Latten,» des Muttenstocks herunter. Die Wasser des Muttensees kommen wahrscheinlich erst im Limmerntobel unten in Form von sehr konstanten Quellen zum Vorschein. Der Volksmund allerdings lässt auch die prachtvolle Felix- und Regulaquelle im «Reitischachen» unten im Linththale an der Strasse von Auen nach dem Tierfehd mit dem Muttensee in Verbindung treten. Aber bei dem komplizierten Faltenbau des Gebirges ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass das Muttenseewasser einen

[1] Da auf Blatt 404 des Siegfriedatlas die zu besprechenden orographischen Verhältnisse deutlich genug hervortreten, so konnte von einer besondern Kartenskizze Umgang genommen werden.

Digitized by Google

Weg zurücklege, der in der Vertikalprojektion 1600 m. und in der Horizontalprojektion 5 km. misst.

Während einerseits wegen der kahrähnlichen Form des Hochthales, der Gletscherschliffe und Moränen ein gewisser Anteil des Gletschers an der Modellierung des Hochthales und des in dessen Boden eingesenkten Seebeckens nicht abgeleugnet werden kann, so darf man anderseits wegen der durch die Höhenlage und das Fehlen von grossen Firnmulden bedingten geringen Mächtigkeit des Gletschers, ferner wegen der Unebenheit des einst vom Gletscher überfahrenen Vorlandes, dem Gletscher weder die Erodierung des Kesselthals, noch die Auskolkung des Seebeckens zuschreiben. Gegen eine solche Auskolkung sprechen auch mehrere unterseeische Felsrippen, welche, allerdings geglättet, in einer gewissen Distanz das Südufer begleiten, sowie der steile Abfall des Südufers, der Stosseite des Gletschers. Nach meiner Anschauung rührt das Hochthal des Muttensees in seinen ersten Zügen her von der Arbeit der Verwitterung und des fliessenden Wassers. Die Bildung des Seebeckens, welches sekundär in den Flyschboden dieses Thales eingesenkt ist, führe ich auf die unterirdische Erosion nach Spalten des liegenden Nummulitenkalkes und Quarzites zurück. Erst jetzt denke ich mir die Vereisung eintretend, der Gletscher oder wohl besser der Firn des Hochthales gibt dem Hochthal allmählich den Kahrcharakter und schützt zugleich den Trichter vor Verstopfung durch die Verwitterungsprodukte. Er schleift an den vorstehenden Partien des Thalbodens seine Hohlkehlen und Schrammen ein und lagert beim Zurückgehen seine Grundmoräne ab, durch welche wir uns den Trichterboden verstopft denken können. Beim Muttensee würden sich also Kahr- und Dolinenbildung durchkreuzen. Nach der Form des Hochthales ist der Muttensee ein Kahrsee. Die Gestalt und Lage des Beckens, das Vorkommen von Spalten und Trichtern auf dem Vorlande drängen uns eine Erklärung des Muttensees als eines Dolinensees auf. Auch Rothpletz[1] zählt den Muttensee zu den Karstphänomenen. Die kleinern Seen, Trabanten des grossen, sind teils ebenfalls Dolinenseen, teils Abdämmungsseen, hinter Moränenrelikten gelegen.

Von grossem Interesse wäre es, durch Vermessung und Lotungen die Gestaltsverhältnisse des der direkten Beobachtung entzogenen Teiles der Seewanne festzustellen. Das würde ohne Zweifel manches Streiflicht auf die Entwicklungsgeschichte des Muttensees werfen.

[1] Das geotektonische Problem der Glarner Alpen, S. 242.

Digitized by Google

4. Unterer Wildmaadsee.

(2050 m., Tafel 7).

Blatt 401 des Siegfriedatlas.

Das Wildmaadseelein liegt in einer in der Richtung NO—SW langgestreckten Bodensenkung, die in den weichen, eocänen Gesteinen einer Hochterrasse der Kühboden-Alp am Ostabhange der Kärpfstockkette ausgespült worden ist (vergl. Kartenskizze auf Tafel 7). Der Abfluss erfolgt senkrecht zur Richtung des Sackthälchens nach SO längs einer Spalte, die einer Verwerfung entspricht. Die Wasser kommen am Fusse der Nummulitenkalkwand, welche den Terrassenabsturz bildet, als starker Bach wieder zum Vorschein. Auf der Terrasse liegt viel Moränenmaterial, zum Teil in Wallform. Form des Thälchens, seine Ausspülung in den weichen eocänen Schiefern, Durchlässigkeit des spaltenreichen Nummulitenkalkes rangieren auch dieses Seelein unter die Dolinenseen, zu welchen es auch Rothpletz zählt (*Das geotektonische Problem der Glarner Alpen*, S. 243).

II. Hochseen im Verrucano.

1. Die Murgseen.

(Tafel 6).

Blatt 264 des Siegfriedatlas.

Die drei Murgseen liegen auf drei alten Thalstufen im Hintergrunde des Murgthales, welches in diesem obern Teile den Charakter eines Längsthales hat, während es in seinen mittlern und untern Partien mehr ein Querthal darstellt. Alle drei Seen liegen, wie übrigens das ganze Murgthal, im roten Sernifit oder Verrucano. Sie gehören nicht mehr dem Kanton Glarus an, liegen aber so nahe an seiner Grenze, dass ich sie auch in meine Untersuchungen einbezog, um so eher, als der oberste von ihnen grössern Umfanges ist und als Typus gelten kann für alle später zu besprechenden glarnerischen Hochseen des Sernifitgebietes.

Der oberste der drei Seen ist der grösste. Er liegt 1825 m. ü. M. und ist circa 500 m. lang und ebenso breit. Er ist im Norden, Westen und Süden cirkusartig von hohen Sernifitbergen (Höhen von 2200—2500 m.) umgeben, zwischen welche sich zwei Passsättel von 2000 m. Höhe einschieben.

Digitized by Google

Nach Osten, also thalauswärts, trennt ihn eine nur wenige Meter über den Seespiegel sich erhebende Felsbarriere von dem zweiten, kleinern, nur 10 m. tiefer gelegenen See. Der oberste Murgsee hat eine fast quadratische Gestalt, entsprechend seiner Lage in einem cirkusförmigen Thalschluss. Von den Wänden dieses Cirkus laufen die Bäche radienförmig gegen den See zusammen. Aber nur der Bach, der von der Widdersteinerfurkel herunterkommt, hat in den Halbkreis des Cirkus eine nennenswerte Ausbuchtung modelliert. Der Riegel, der das Wasser des Thalschlusses aufstaut, besteht aus anstehendem Sernifit. Er ist durch drei Einschnitte gegliedert. Diese Einschnitte betrachte ich als reine Erosionsrinnen, und zwar müssen dieselben zum grössten Teil gebildet gewesen sein, als der dilluviale Murggletscher diese Thalstufe zum letzten Mal überfuhr. Wie nämlich die unregelmässige, in lauter Rundhöcker mit SW—NO gerichteten Einschliffen aufgelöste Oberfläche des Riegels beweist, floss der Gletscher schief über die Barriere. Die Nordseite der Einschnitte, als die Stossseite des Gletschers, zeigt nun typische Eiswirkungen, während die Südseite entsprechend der Leeseite eine gewöhnliche Beschaffenheit hat. In allen drei Einschnitten findet sich zudem gerundetes Sernifitgeröll. Der mittlere von ihnen dient gegenwärtig als Abflussrinne, an deren unterm Ende der Bach in einem kleinen Wasserfall über den Steilabsturz des Riegels hinunterfällt. Was die Tiefe des Sees anbelangt, so ergaben die Lotungen, welche seiner Zeit die Herren Prof. Dr. Asper und J. Heuscher bei Anlass ihrer biologischen Untersuchung gemacht haben, « dass dieser grosse See gegen das Nordufer die grösste Tiefe von 23 m. besitzt. Die durchschnittliche Tiefe beträgt etwa 13 m.; der Seegrund ist gegen N geneigt und steigt im allgemeinen sehr steil zum Ufer an. Die einzige seichte Stelle liegt an der östlichen Ecke[1]. » Leider haben die genannten Forscher ihre Lotungswerte nicht in ein Kärtchen eingetragen, wie sie es bei den andern von ihnen untersuchten Seen der Kantone St. Gallen und Appenzell gethan haben. Doch drängt einem ihre obige Darstellung die Ansicht auf, dass das Becken des obersten Murgsees eine flache Schüssel darstellt, welche, da sie nach N geneigt ist, die erweiterte Fortsetzung des Thales, das von der Widdersteinerfurkel herunterkommt, bildet.

[1] Prof. Dr. Asper und J. Heuscher: Zur Naturgeschichte der Alpenseen. *Bericht der st. gallischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft* für 1885/86.

Digitized by Google

Der mittlere Murgsee, 1815 m. ü. M., erscheint auf den ersten Blick sehr seicht. Nach ihren Lotungen erklären die oben genannten Forscher diesen See als «ein sehr gleichmässiges Becken, dessen flacher Seegrund allmählich gegen die Ufer ansteigt. Die Mitte zeigt auf grosse Strecken Tiefen von 11—13,5 m.; das Nordufer ist etwas flacher ansteigend, als das Südufer.» Am Nordufer findet sich ein schöner, bogenförmiger Moränenwall. Da der obere Murgsee bei 1825 m. Spiegelhöhe eine Maximaltiefe von 23,5 m. hat und der mittlere Murgsee, 10 m. tiefer gelegen, nur 13,5 m. Maximaltiefe aufweist, so ergibt sich, dass die tiefsten Stellen der beiden Seen fast in gleichem Niveau liegen, nämlich auf 1802 m. Die ganze Thalstufe des mittlern Murgsees ist ebenfalls reich an glacialen Erscheinungen. Das nördliche und östliche Ufer stellt eine typische Rundhöckerlandschaft dar. Zwischen den einzelnen Rundhöckern finden sich thalförmige Rinnen, angefüllt mit Moränenmaterial und kleinen Torfmooren. Die grössern dieser Thalformen erscheinen als einstige, durch die glacialen Ablagerungen aufgefüllte Dränierungsrinnen der Thalstufe. Sie hatten eine mehr dem Streichen parallele Richtung und führten so die Wasser in wesentlich nordöstlicher Richtung über die ganze Ausdehnung der Thalstufe hin, während der jetzige Abfluss des Sees die Thalstufe auf dem kürzesten Wege direkt nach Osten verlässt, um in einem circa 50 m. hohen Wasserfall auf die nächste Thalstufe hinunterzustürzen.

Diese dritte Thalstufe besitzt wiederum einen kleinen See mit 1673 m. Spiegelhöhe. Ein- und Auslauf dieses Sees sind auffallend gegen seine westliche Hälfte gerückt, welche durchwegs sehr seicht ist. Asper und Heuscher massen hier Tiefen von 0,8—1 m. «Ziemlich genau von der Mitte weg fällt aber der Seegrund sehr steil ab, und die südöstliche Seehälfte zeigt sich als tiefes Becken. Unweit vom südlichen Ufer haben wir 5 m., dann rasch 6, 7 und endlich 9 m. Von diesem Kessel aus steigt der Grund langsam gegen die malerische Insel und besonders gegen das nordöstliche Ufer. Ein circa 30 m. breiter, durchschnittlich 1 m. tiefer Seestreifen trennt die felsige Insel vom Nordufer.» (vide Kartenskizze auf Tafel 6). Auch die Thalstufe dieses untersten Sees weist prachtvolle Spuren glacialer Einwirkung auf. Sie erscheint als ein vom Gletscher modelliertes Längsthal. Boden und Seiten, besonders die rechte, zeigen die schönsten Schliffe. Der Kamm, welcher in Fortsetzung des rechten Berghanges dieses Längsthal von der benachbarten Thal-

Digitized by Google

stufe der Goflen-Alp trennt, ist vom Eis zu einem Halbcylinder modelliert worden. Der Boden ist überall mit Moränenmaterial und kleinen Torfmooren bedeckt, auf welche hier und dort von der linken Seite postglaciale Felsstürze niedergegangen sind. Augenscheinlich ist dieses Längsthal eine Furche, welche sekundär in eine höhere, ältere Thalstufe eingesenkt wurde. Diese ältere Thalstufe bildete die Fortsetzung derjenigen des mittleren Murgsees und erstreckte sich in nordöstlicher Richtung über den schon erwähnten gerundeten Längskamm nach dem Felsriegel, nördlich der Hütte von Goflen, dem «Stoss». Der Murgbach muss einst über diese Thalstufe in nordöstlicher Richtung geflossen sein, wofür ein Einschnitt im Riegel des Stoss zeugt. Diese ehemalige Thalstufe hatte die Nordseite des «Stoss» zu ihrem Absturze, welcher durch den Gletscher ebenfalls modelliert wurde. Erst später erfolgte die Ablenkung des Murgbaches nach Osten in den ebenfalls erst sekundär, aber etwas früher in der oben erwähnten primären Thalstufe entstandenen Thalkessel der Goflen-Alp. Von diesem Augenblick an schnitt der Murgbach in den Rand der alten Thalstufe ein kurzes Querthal ein und erodierte nach diesem ein sekundäres Längsthal in die Thalstufe, während dem er Reste der alten Thalstufe als Längskamm und «Stoss» stehen liess. Nachher setzte die Vereisung ein, modellierte das Erosionsthal zu einem Trogthal, formte den Längskamm zu einem Halbcylinder und erzeugte am Felsriegel des «Stoss» die zahlreichen Rundbuckel. So erscheint jetzt das kurze Querthal bei den Goflenhütten gewissermassen als nachträglicher Durchbruch eines Felsriegels, während es so alt als das Längsthal ist, wie ja die Schliffe auf seiner linken, der Stosseite des Gletschers entsprechenden Seite direkt beweisen.

Wenn wir die oben erwähnten drei Thalstufen, nämlich die des obern, mittlern und untern Murgsees, miteinander vergleichen, so treten uns manche gemeinsamen Züge entgegen.

1. Alle drei Thalstufen geben sich in ihrem Grundplane als Längsthäler mit SW—NO Richtung, entsprechend dem Streichen der Schichten, zu erkennen. Am deutlichsten zeigt sich diese Thatsache bei der Thalstufe des untersten Sees.

2. Alle drei Thalstufen werden jetzt direkt nach O dräniert. Die Richtung der Dränierungsrinnen steht also quer zur Richtung der wesentlichen Zuflüsse, der Längsaxe der

Digitized by Google

Seen und der Richtung der ursprünglichen Thalstufen. Am auffälligsten ist dieses Verhältnis wiederum beim Thal des untern Murgsees.

3. Die kurzen Querthälchen, welche die Entwässerungsrinnen von Thalstufe zu Thalstufe bilden, sind älter als die letzte Vereisung, da sie teils Schliffe aufweisen, teils Moränenmaterial enthalten. Sie können wegen ihrer Form und Lage nur als Produkte der Wasser-Erosion aufgefasst werden, welche vor der letzten Vergletscherung thätig war.

4. Die drei Thalstufen selbst zeigen ein ausgeprägtes glaciales Relief. Schliffflächen und Rundhöcker wechseln ab mit Moränenwällen, kleinen fluvio-glacialen Aufschüttungen und Torfmooren. Recht bezeichnend ist, dass auf allen drei Thalstufen thalauswärts vom See sich eine typische Rundhöckerlandschaft mit kleinen fluvio-glacialen Aufschüttungen und Mooren einstellt und dass die Seebecken, wie sich das namentlich beim untern Murgsee zeigt, eine Verbreiterung ihres Thales darstellen, mit welcher zugleich eine Vertiefung in der Sohle verbunden ist; denn speziell der obere Murgsee scheint unzweideutig zu zeigen, dass sein ganzes vom Wasser eingenommenes Becken in unversehrtem Fels modelliert ist.

5. Von den drei Thalstufen hat die unterste die grösste Entwicklung. Sie erscheint als ein eigentliches Längsthal mit glacialem Relief, während die beiden obern Thalstufen eine sog. Kahrtreppe bilden. Die drei Thalstufen zeigen, dass, wie Richter[1] richtig bemerkt, zwischen Kahrtreppenstufen und eigentlichen Thalstufen kein prinzipieller Unterschied besteht, sondern dass die eine Form in die andere übergeht.

6. Die Seebecken stellen im Verhältnis zu ihrer Fläche recht unbedeutende Vertiefungen in diesen Thalstufen dar, welche am besten mit flachen Schüsseln zu vergleichen sind.

7. Alle drei Seen zeigen ein verhältnismässig jugendliches Aussehen, indem die Auffüllungen noch nicht weit fortgeschritten sind und sich die Abflüsse fast noch gar nicht eingeschnitten haben. Am stärksten aufgefüllt erscheint der unterste See, dessen nordwestliche Hälfte, wie schon oben erwähnt wurde, sehr seicht ist.

Wenn wir nun die Entstehung der drei Seen erklären wollen, so müssen wir die Thatsache wohl beachten, dass

[1] Geomorphologische Untersuchungen in den Hochalpen. S. 47.

Digitized by Google

die Umgebung der Seen ein durchaus glaciales Relief aufweist, wie oben ausgeführt wurde. Dieses glaciale Relief ist von der postglacialen Wasser-Erosion noch so wenig verändert worden, dass man bei einem Ueberblick über die Thalstufen von einem günstigen Standpunkt aus den Eindruck erhält, als hätte sich der Eisstrom erst kürzlich aus dem hintern Murgthal zurückgezogen. Die Seen sind also Kinder der Eiszeit, folglich muss die abschleifende, transportierende und ablagernde Thätigkeit des fliessenden Eises bei ihrer Bildung mitgewirkt haben. Anderseits weisen gewisse Erscheinungen, wie die Querdurchbrüche in den Felsriegeln, auf eine Mitarbeit des fliessenden Wassers hin, welche aber der Eisarbeit vorausgegangen wäre.

Wir wollen nun im Folgenden versuchen, die stauenden Dämme bei einem jeden der drei Seen nach Art und Mächtigkeit näher zu bestimmen, um dann schliesslich aus der Beschaffenheit dieser natürlichen Stauwehre Schlüsse auf die Kräfte zu ziehen, welche dieselben in Wirksamkeit treten liessen.

Beim obern Murgsee bildet ein Sernifitriegel mit drei Depressionen den stauenden Damm. Diese drei Depressionen müssen wegen ihrer Lage und auch zum Teil wegen ihrer Form ehemals Wasserrinnen gewesen sein. Keine von ihnen hat sich aber so tief in das anstehende Gestein eingeschnitten, dass sie nach Entfernung des sie erfüllenden Geschiebes als Entleerungsrinne des Sees funktionieren könnte. Es erscheint im Gegenteil der ganze vom Wasser benetzte Teil der Wanne in unverletztem Fels modelliert, und der Felsriegel mit seinen Depressionen verhält sich wie der Rest eines ältern Thalbodens, in welchen das Seebecken sekundär eingesenkt wurde. Als Reste dieses Thalbodens wären dann auch die Stufen in der Westwand des Sees und im Widdersteinerthälchen aufzufassen. Da nun das Seebecken eine allseits in anstehendem Fels modellierte Hohlform vorstellt, so kann es unmöglich das Werk des fliessenden Wassers sein. Es bleibt nach meiner Ansicht als erklärendes Agens einzig eine kolkende Wirkungsweise des fliessenden Gletschereises übrig. Der oberste Murgsee würde also einen neuen Beweis für die Ansicht vieler Forscher, wie PENCK[1], RICHTER[2], STEINMANN[3],

[1] PENCK, Morphologie der Erdoberfläche, II.
[2] RICHTER, Geomorphologische Beobachtungen in Norwegen, 1896.
» » Untersuchungen in den Hochalpen, 1900.
[3] STEINMANN, Die Spuren der letzten Eiszeit im hohen Schwarzwalde, 1896.

Digitized by Google

SALOMON[1] bilden, dass Gletscher unter gewissen Bedingungen im Stande sind, allseits geschlossene Becken in festem Fels zu erzeugen. Wenn wir nun nach den besondern Bedingungen forschen, unter welchen sich an der Stelle des obern Murgsees die allgemeine abschleifende Thätigkeit des fliessenden Eises in eine kolkende verwandelte, so glaube ich dieselben darin zu erblicken, dass zur Eiszeit in diesem hintersten Teil des Murgthales Eisströme, radienartig angeordnet, wie im Mittelpunkt eines Halbkreises zusammengestossen sind. Diese Gletscherstränge, welche wegen der Steilheit ihrer Unterlage eine mehr als gewöhnliche Geschwindigkeit hatten, mussten in ihrem Vereinigungspunkt auf den Thalboden in einem stumpfen Winkel und daher mit aussergewöhnlichem Druck einwirken, wodurch eine Kolkung eintreten konnte, welche im Stande war, eine Verrucanomasse von circa $1^1/_2$ Millionen m^3 herauszuarbeiten. Nachdem dann an der Kolkungsstelle die lebendige Kraft der Eisströme zu einem grossen Teil in Arbeit umgewandelt worden war, flossen diese in gewöhnlicher Weise auf dem Thalboden weiter, den sie von nun an nur noch in gewöhnlicher Weise abschliffen. Daraus erklärt sich das Stehenbleiben eines Restes des Thalbodens als eines moutonierten Riegels vor der Kolkungsstelle.

Was den zweiten See anbelangt, so ist bei diesem nicht sicher anzugeben, ob derselbe blos durch das eiszeitliche Moränenmaterial (siehe Seite 218) abgedämmt worden ist oder ob derselbe zu einem integrierenden Teil ein Felsbecken sei. Das letztere halte ich für das viel wahrscheinlichere, da mir die glacialen Aufschüttungen als sehr gering erscheinen. Jedenfalls ist sicher, dass an der Stelle der jetzigen Wasserfläche das Eis intensiver auf seine Unterlage eingewirkt hat, als auf dem übrigen Teil der Thalstufe, da es sonst schwer anderswie zu erklären wäre, warum der Boden des Sees eine ziemlich gleichmässige Fläche in tieferm Niveau geworden ist (vergl. Seite 218), während seine Umgebung als eine unruhige Rundhöckerlandschaft, die in das Niveau des Felsriegels des obern Sees einbezogen werden kann, erhalten geblieben ist. Dass an der Stelle des mittlern Sees eine stärkere Einwirkung des Eises auf seine Unterlage eintreten musste, als anderswo, erklärt sich dadurch, dass hier der Eisstrom vom obern See her zusammentraf mit einem Gletscher, der an der Stelle der jetzigen Zuflüsse vom

[1] SALOMON, Können Gletscher in anstehendem Fels Kahre, Seebecken, Thäler erodieren? 1900.

Digitized by Google

Schattenkamm herunterkam. Diese beiden Eisströme griffen den Boden der von der vorausgegangenen Wasser-Erosion coupierten Thalstufe (siehe oben) unter einem stumpfen Winkel an und mussten infolgedessen kolkend wirken. Da dem Gletscher vom Schattenkamm infolge der Neigung seiner Unterlage eine grössere lebendige Kraft innewohnte, so musste die Längsaxe des Kolkungsbeckens in seine Richtung fallen. Nachdem der lokale Ueberdruck sich ausgeglichen hatte, überfloss die vereinigte Eismasse, indem, wie die Richtung der Schliffe zeigt, sie ein wenig auseinanderstrebte, die Thalstufe in gleichmässiger Weise und war nun nicht mehr im Stande, die von der «präglacialen» Wasser-Erosion hinterlassenen Unregelmässigkeiten des Thalbodens niederzuschleifen, wesshalb diese als Rundhöcker erhalten blieben.

Der unterste Murgsee ist nur 9 m. tief. Es kann deshalb nicht mit Sicherheit konstatiert werden, ob die an seinem Ende gelegenen glacialen Aufschüttungen allein die stauenden Faktoren seien. Aber abgesehen davon, ist für uns vor allem von Bedeutung, dass das Thal an der Stelle des Sees eine Verbreiterung aufweist und dass vor dem See zahlreiche Rundhöcker das Thal erfüllen. Diese zwei Thatsachen: Thalverbreiterung verbunden mit einer Depression einerseits, Rundhöckerbildung vor der Depression anderseits, weisen wieder auf eine ungleiche Gletscherwirkung hier und dort hin. Wenn nach den Ursachen einer ungleichen Gletscherwirkung in diesem Fall gefragt wird, so können wir weniger auf ein Zusammenfliessen von Eisströmen hinweisen, als vielmehr darauf aufmerksam machen, dass der Gletscher hier von einer höhern Thalstufe auf eine 100 m. niedrigere herunterfloss. Denn wie weiter oben entwickelt wurde, halte ich die Thalstufe des untern Murgsees für ein vom Wasser sekundär in eine höhere, ältere Thalstufe erodiertes Thal, welches erst nachträglich vom Gletscher durchfahren wurde. Also musste der Gletscher im Hintergrund dieses Thales über einen Steilabsturz hinunter. Infolgedessen fuhr er in einem stumpfen Winkel auf den Thalboden auf und musste, da er den dadurch entstandenen lokalen Ueberdruck in seiner Masse ausgleichen wollte, nach allen Seiten auseinanderstreben; daher Entstehung von Depression und Thalerweiterung an dieser Stelle. Es könnte nun noch der Einwand erhoben werden, der See befinde sich nicht unmittelbar am Fusse des Steilabsturzes. Darauf habe ich zu entgegnen, dass der Steilabsturz bei Eintritt der Vergletscherung wohl weiter nach vorn sich befunden haben wird, als es jetzt der Fall

Digitized by Google

ist, dass ferner der See kurz nach Schluss der Vergletscherung wohl auch weiter rückwärts gereicht hat und dass endlich bei einem Gletscher von einiger Mächtigkeit — und der dilluviale Murggletscher muss nach gewissen Anzeichen eine solche von circa 200 m. gehabt haben — die Fläche grösster Eiseinwirkung wohl nicht unmittelbar am Fusse des Steilabsturzes, sondern weiter nach vorn sich befinden wird. Von grösserer Beweiskraft und zwar in positivem Sinne, als der oben besprochene Umstand, der auf den ersten Blick ein negatives Zeugnis abzulegen scheint, ist für unsere Erklärungsweise die Lage der Rundhöcker. Die Rundhöcker liegen nämlich ziemlich genau an der Stelle, wo der rechte Berghang in den Sporn des schon oft erwähnten gerundeten Längskamms übergeht. Da dieser Sporn an seiner Ansatzstelle sich nur etwa 50 m. über die Thalsohle erhebt, so war hier ein Ausweichen der Eismassen nach rechts sehr leicht möglich, infolgedessen am Grunde eine Druckverminderung eintreten musste.

Wir wollen kurz unsere Auffassung von der Bildung der drei Seen, wie sie oben entwickelt worden ist, resümieren. Die Stufe im Widdersteinerthälchen, die wenig geneigte Grasfläche in der Westwand des obern Murgsees und den Felsriegel vor dem obern See betrachten wir mit der Rundhöckerlandschaft am mittlern See, dem Längskamm und dem « Stoss » beim untern See als Reste eines und desselben, flach nach Nordosten geneigten Thalboden « präglacialen » Alters. In diesen Thalboden wurden vom fliessenden Wasser sekundäre Hohlformen erodiert: kleines, seichtes Kesselthal im obersten Teil, durch Querthälchen im jetzigen Riegel dräniert, kurze Längsthälchen (zwischen den jetzigen Rundhöckern) beim mittlern See, grösseres Längsthal mit Querdurchbruch beim untern See. Es ist nun leicht denkbar, dass diese sekundäre Wasserarbeit in einer « Interglacialzeit », d. h. in dem Zeitraum zwischen einem Rückzug des dilluvialen Murggletschers auf eine bestimmte Höhe und seinem wiedererfolgenden Vorstoss stattgefunden hat. Für eine solche Annahme scheinen mir speziell die Verhältnisse am untern See zu sprechen. Das Thal des untern Murgsees ist in seiner Hauptsache unzweifelhaft das Werk des fliessenden Wassers, welches dieses Längsthal sekundär in eine ältere, höhere Thalstufe eingegraben hat. Diese ältere Thalstufe besass in dem Nordabhang des Riegels « Stoss », der nichts anderes als ein Rest dieser Thalstufe ist, einen gewaltigen Absturz nach der nächst tiefern Thalstufe von « Mornen ».

Digitized by Google

Dieser Absturz zeigt ebenfalls, wie der Riegel, unzweideutige Spuren von Gletscherwirkung. Ich kann mir nun die Entstehung eines solchen Steilabsturzes in einem in homogenem Gestein ausgegrabenen Thal nur durch die Annahme erklären, dass der Murgthalgletscher an der Stelle des « Stoss » während eines langen Zeitraums sein Ende hatte. Während dieser Zeit war die Thalsohle vom « Stoss » abwärts der Erosion des Wassers preisgegeben und musste sich vertiefen, während dem die Thalsohle vom « Stoss » aufwärts, unter einer nicht sehr mächtigen Eisbedeckung liegend, viel weniger abgenützt wurde[1]. Da der Steilabsturz glaciale Modellierung zeigt, so muss seine Entstehung dem letzten Vorstoss vorangegangen sein. Ebenso kann ich mir die Ausgrabung des Längsthales des untern Murgsees nur in einem Zeitraum denken, während dessen der Gletscher beim mittlern Murgsee Halt gemacht hatte. Am Ende dieses Zeitraums rückte dann der Gletscher wieder vor und gab dem eben entstandenen Erosionsthal glaciales Gepräge. Ich glaube nun nicht fehl zu gehen, wenn ich annehme, dass der stationäre Zustand des dilluvialen Murggletschers mit Gletscherende am « Stoss » dem stationären Zustand mit Gletscherende vor dem mittlern Murgsee vorangegangen ist, da das Längsthal des untern Murgsees nicht so stark glacial ausgeschafft erscheint, als es sonst sein müsste, und da ferner nach meinem Gefühl das Wasser erst nach Bildung der tiefern Thalstufe von « Mornen » die Fähigkeit erhielt, die höhere Thalstufe vom « Stoss » aufwärts auf eine so eigentümliche Weise zu dränieren. Wenn die oben angegebene Reihenfolge der beiden stationären Gletscherstände richtig ist, so würde die Entstehung des Längsthales des untern Sees wirklich zwischen zwei Vorstösse des dilluvialen Murggletschers fallen, müsste mithin « interglacialen » Alters sein. Gleichen Alters werden wohl auch die Erosionsformen beim mittlern und obern See sein. Da aber hier die eisfreie Periode naturgemäss weniger lang dauerte, als beim untern See, so mussten die durch die « interglaciale » Erosion geschaffenen Formen hier weniger auffällig werden. Als dann nach Schluss der eisfreien Periode der Gletscher zu seinem letzten Vorstoss einsetzte, traf er überall auf ein durch die interglaciale Wasserwirkung gegliedertes Bett, und dieser Umstand konnte, wie wir oben gesehen haben, dazu führen, dass die Gletscherwirkung lokal eine aussergewöhnliche wurde, d. h. bis zur Beckenbildung

[1] Baltzer bringt im *Glärnisch*, pag. 67, die Entstehung von Thalstufen ebenfalls mit stationären Zuständen des Gletschers in Zusammenhang.

Digitized by Google

fortschritt. Nach diesem letzten Vorstoss erfolgte dann der endgültige Rückzug des Gletschers, wobei es zur Ablagerung von Moränen und zur Bildung von fluviatilen Aufschüttungen kam. Es ist leicht einzusehen, dass bei diesem Rückzuge die während der Vergletscherung entstandenen Felsbecken als wahre Sammler des Eises wirken mussten. Sie waren noch lange konstant mit Eis gefüllt, während schon das umliegende Gehänge zeitweise eisfrei wurde, wie das etwa heutzutage der Fall ist mit den kleinen Firnfeldern von Lawinenschnee im Hintergrund eines Alpenthales. Diese Erwägung erklärt einige Züge in der jetzigen Erscheinung der drei Seen, einmal den, dass vor den Seen verhältnismässig viel Moränenmaterial liegt, sodann den, dass stellenweise die Thalwände zur Seite und im Hintergrund der Seebecken steile frischbrüchige Felswände ohne eine Spur von Glacialwirkung darstellen, während doch der Thalboden bis an den Fuss dieser Wände die schönsten Schliffe aufweist. Ich habe bei der Erwähnung des letztern Zuges speziell den untern Murgsee im Auge, bei welchem der Thalhintergrund mit steilen Wänden und eigentümlich scharfem Rande in die glacial modellierte Thalstufe des mittlern Murgsees einsetzt. Es kommt einem beim Anblick dieser frischbrüchigen Steilwände unwillkürlich das Kapitel über die Fortbildung der Kahre in Richters *geomorphol. Untersuchungen in den Hochalpen* in den Sinn, in welchem der Verfasser in feiner Weise ausführt, wie eine Eiseinlagerung in einer Hohlform namentlich dadurch wirke, dass sie infolge der Bewegung des Eises den Fuss der Felswände vom einhüllenden Schutt befreie und so eine intensive Wandverwitterung und ein dadurch bedingtes Zurückweichen der Wände ermögliche.

Es erübrigt noch zum Schlusse, andere Ansichten über die Entstehung der Murgseen anzuführen. Mösch schrieb seiner Zeit[1] die Entstehung der Murgseen der Erosion der «in ihre Becken herabstürzenden Gewässer zu. Ebenso nennt neuerdings Swerinzew[2] die auskolkende Thätigkeit der Bäche als Entstehungsursache der Murgseen. Mir hingegen ist unvorstellbar, woher so grosse Wassermassen, die speziell beim obern Murgsee ein Becken von 23 m. Tiefe auszukolken vermocht hätten, in einen Thalhintergrund kommen, der an zwei Passättel sich anlehnt. Rothpletz[3] erwähnt speziell

[1] Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Lief. 14, S. 299.
[2] Zur Entstehung der Alpenseen. *Inaugural-Dissertation*. Zürich, 1896.
[3] Das geotekt. Problem der Glarner Alpen, S. 242.

Digitized by Google

den obern Murgsee und sagt über seine Entstehung: « Sein Riegel besteht aus niedern Sernifithügeln, die auf einer jener Querverwerfungsspalten gehoben sind, die das Magereugebiet durchsetzen. » Er rechnet mithin den obern Murgsee zu den tektonischen Seen. Hiezu ist zu bemerken, dass allerdings in der Nähe des obern Sees eine Verwerfung durchstreicht, die im Passsattel der Murgseefurkel schön zu Tage tritt. Aber die Richtung dieser Verwerfungslinie bildet einen Winkel mit der Richtung des Felsriegels, und übrigens müsste diese Verwerfung erst spät stattgefunden haben zu einer Zeit, als die Thalvertiefung bis zu ihrer jetzigen Tiefe fortgeschritten war, also etwa in einer Interglacialzeit.

2. Der Milchspülersee.

(2202 m., Tafel 7).

Blatt 400 des Siegfriedatlas.

Der Milchspülersee liegt auf einer obern Thalstufe des Diesbaches hoch oben am Westabhang des Kärpfstockes. Die ganze Thalstufe zeigt das Aussehen einer Rundhöckerlandschaft und dokumentiert sich dadurch als Boden eines ehemaligen Firnfeldes. In den Sernifitboden dieser Thalstufe ist nun eine kahrähnliche Hohlform modelliert, in deren Boden das Becken des Sees eingesenkt erscheint. Der Milchspülersee erscheint so rings von anstehendem Gestein umgeben, auch auf der Seite gegen das Linththal. Betrachten wir diese letztere Seite genauer, so bemerken wir drei Einschnitte, Rinnen, in dem Felsriegel. Die Einschnitte links und in der Mitte sind ganz mit Moränenmaterial, bestehend aus Lehm und gerundeten Stücken von allen möglichen Sernifitvarietäten, erfüllt und dadurch ihrer Funktion als Abflussrinnen enthoben. Die Rinne rechts ist gegenwärtig noch Abflussrinne. Der See ist gegen seinen Abfluss hin sehr seicht und sein Boden ist hier mit Moränenmaterial bedeckt.

Beim Milchspülersee liegt die gleiche Entstehungsursache vor, wie bei den Murgseen. Wir haben wieder ein kahrähnliches Thälchen in einer ehemaligen, während Zeiträumen überfirnt gewesenen Denudationsfläche vor uns. Dieses Thälchen erscheint als ein Produkt der Erosion des fliessenden Wassers und einer spätern Firneinlagerung. Diese Firneinlagerung hat das Thälchen zu einem Kahr erweitert, in den Boden eine schüsselförmige Vertiefung eingeschliffen und am Rande derselben Moränenmaterial abgelagert.

Digitized by Google

Der See führt seinen Namen wegen der weisslichen Farbe seines Wassers. Diese rührt wahrscheinlich her von fein zerteiltem, suspendiertem Gesteinsmehl, das die über die Sernifitfelsen hinunterstürzenden Zuflüsse dem See zuführen.

3. Die Engiseelein (Tafel 7).

Blatt 400 des Siegfriedatlas.

Die Engiseelein, zwei grössere und ein kleineres, liegen auf einer alten Thalstufe des Diesbach- und Auernbachthales, am Nordabhang des Kärpfstockes. Diese Thalstufe (cirka 2000 m. ü. M.) zeigt auf ihrer ganzen Ausdehnung typische Merkmale einer ehemaligen Gletscherbedeckung. Zahlreiche Moränenreste von teilweise erhaltener Wallform bedecken das in rundhöckerigen Formen modellierte anstehende Sernifitgestein der Thalstufe. Zwischen den Moränen und den anstehenden Partien finden sich zahlreiche grössere und kleinere Moore, sowie drei Seen.

Der oberste und kleinste See verdankt sein Dasein einem sehr gut erhaltenen, halbkreisförmigen Moränenwall. Die Zuflüsse bestehen aus Quellen aus dem Gehängeschutt. Der Abfluss ist ein oberirdischer und geht durch den mittlern Teil des Moränenwalles zum zweiten, einige Meter tiefer liegenden, grössern See.

Dieser See ist, wie der erste, auch bloss wenige Meter tief und besitzt, wie der erste, ungemein klares Wasser, so dass man mit Leichtigkeit die Verhältnisse seines Grundes beobachten kann. Wie die Kartenskizze zeigt, verdankt auch er seine Entstehung zum grössten Teil den Depots der letzten Gletscherbedeckung.

Der dritte See, der tiefste von allen dreien, liegt 30 m. tiefer in einem kahrähnlichen Thälchen, das in die alte Thalstufe eingesenkt ist. Er ist wiederum, wenigstens zu einem Teil, ein Abdämmungssee, abgedämmt durch Glacialschutt, wie sich das schön bei seinem Ausfluss beobachten lässt, in seinem untern Teil aber muss er ein Felsbecken sein.

4. Die Wildmaadseelein.

Blatt 401 des Siegfriedatlas.

Auf dem Sernifitplateau des Wildmaad (2224 m.) zwischen dem Berglihorn und den Bleistöcken liegen eine grössere Anzahl kleinerer Seen. Ihre Becken erscheinen als das Pro-

Digitized by Google

dukt der Verwitterung und der transportierenden und der ablagernden Thätigkeit des Firnes. Das Plateau lehnt sich an eine Furkel oder an einen kleinen Pass zwischen den genannten Bergstöcken an und trägt noch ganz den Charakter einer bis vor kurzem überfirnt gewesenen Denudationsfläche, in welche die Erosion des fliessenden Wassers noch keine nennenswerten Züge eingegraben hat.

ANHANG

Der Ober- und Niedersee.

Blatt 263 des Siegfriedatlas.

Der Ober- und Niedersee (Haslensee) sind eigentliche Thalseen. Sie liegen mit 983 m., bezw. 750 m. im lieblichen Oberseethale, das sich zwischen der Rautispitz-Wiggiskette im SO und der Brünnelistockkette im NW hinzieht und über Näfels oben an einem steilen Schutthang ins Linththal mündet.

Baltzer (Jahrbuch des S. A. C., 1887-88) betrachtete diese beide Seen als Erosionstrichterseen, wie den Oberblegi- und Guppensee, da er bei niederm Stande deutliche Abflusstrichter im zerrütteten Schrattenkalk der Beckenwandung sah und weil ihm dieser Schrattenkalk für Trichterbildung sehr geeignet erscheinen musste.

Swerinzew[1] sah diese Trichter ebenfalls, aber er legte ihnen nur eine nebensächliche Bedeutung bei. Ihm erschienen die beiden Becken als Flusserosions- und teilweise auch als Eiserosionsbecken im Sinne seiner Kolkungstheorie.

Oberholzer hat nun in seiner Arbeit[2] über *Die prähistorischen Bergstürze der Glarner Alpen* gezeigt, dass die Trichter wirklich nur sekundärer Natur sind, indem der Schrattenkalk, in welchen sie eingelassen sind, selber auf sekundärer Lagerstätte ruht. Nach ihm sind beide Seen Abdämmungsseen, abgedämmt durch ins Oberseethal gefallene Bergstürze. Durch diese Bergsturzmassen hat sich dann das Wasser unterirdisch Ausgang verschafft und dabei die Einsickerungsstellen trichterförmig modelliert. Am vordern Ende der Bergsturzhaufen kommt dann dieses Wasser in Form von mehreren starken Quellen wieder zum Vorschein.

[1] Zur Entstehung der Alpenseen, S. 27 und 28.
[2] Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, IX. Lief., S. 183 u. f., 197 u. f.

Digitized by Google

ALLGEMEINER TEIL

Aus den oben gegebenen Einzelbeschreibungen der glarnerischen Hochseen lassen sich einige allgemeinere Gesichtspunkte gewinnen:

1. Die Hochseen der Glarner Alpen sind eng mit dem Glacialphänomen verknüpft. Alle vorhin beschriebenen Seebecken weisen deutliche Spuren einer Einwirkung durch die eiszeitliche Gletscher-, resp. Firnbedeckung auf. Die Ufer zeigen rundhöckerige Formen und ausgedehnte Schliffflächen, die sich bis weit unter den normalen Wasserspiegel konstatieren lassen, und tragen Moränenmaterial, zum Teil noch in Wallform. In der Erklärung der Entstehung der Seen darf also die glaciale Einwirkung nicht fehlen, und es bleibt lediglich übrig, den Anteil derselben an der ganzen Wannenbildung in jedem einzelnen Fall zu erforschen. In Bezug auf diesen Anteil zeigt sich meines Erachtens ein Unterschied zwischen den Seen des Kalk- und Schiefergebirges einerseits und denen des Sernifitgebirges anderseits.

2. Die Seen des Kalkgebirges haben sämtlich unterirdischen Abfluss. Ihre Becken sind Felsbecken, welche aber nicht ein so ausgeprägt glaciales Relief zeigen, wie diejenigen der Seen des Sernifitgebirges. Die Form und die Grössenverhältnisse der Wannen, sowie die Klüftung des liegenden Kalkgesteins und seine Neigung zur Trichterbildung erwecken die Vorstellung, dass die Hauptarbeit bei der Modellierung der Felsbecken das nach Spalten unterirdisch abfliessende Wasser geleistet hat, das chemisch und mechanisch die Kalkschichten angriff und so trichterförmige Hohlformen schuf. Der Gletscher oder Firn der letzten Vereisung fand diese Hohlformen, zu einem Teil wenigstens gebildet, vor und gestaltete sie nach seiner Wirkungsweise um. Aber seine Arbeit steht weit hinter der Wasserarbeit zurück. Die Hauptwirkung der Firn- oder Eiseinlagerung war jedenfalls die konservierende. Der Gletscher, der während der letzten Eiszeit die Hohlform erfüllte, schützte dieselbe vor dem Verschüttetwerden durch die Verwitterungstrümmer der Einfassung, wobei nicht ausgeschlossen ist, ob nicht unter der Eis- resp. Firneinlagerung eine Weitervertiefung der Hohlform stattgefunden hat, in der Weise, dass das Schmelzwasser der Einlagerung anstatt oberirdisch, subglacial in die Spalten des Felsbodens abfloss und so weiter erodierte, während die

Digitized by Google

Eisbedeckung einerseits den Verwitterungsschutt in Form von Moränen forttransportierte und anderseits auch aktiv an der weitern Ausgestaltung der Wanne teilnahm. Die letztere Wirkung der Eisbedeckung war nicht bei allen Seebecken eine gleich intensive. Während einige Seen, wie Spanneggsee (Seite 204) und Guppensee (Seite 212) in ihrer Form eine glaciale Einwirkung kaum erkennen lassen, haben andere, wie der Thalsee (Seite 200), Oberblegisee (Seite 207) und namentlich der Muttensee (Seite 215) den Charakter von eigentlichen Kahrseen angenommen. Dieser Unterschied kommt meines Erachtens daher, dass die letztgenannten Seebecken in dem vordern Teil eigentlicher Thäler liegen und so der fliessenden Bewegung eines Gletschers ausgesetzt waren, während die erstgenannten Seen wohl nur unter einer Firnbedeckung lagen. Der Muttensee ausserdem liegt sehr hoch, 2442 m.; er war infolgedessen während viel längerer Zeit vergletschert als die übrigen Seen, weshalb er am ausgesprochensten den Kahrseecharakter besitzt. Beim Rückzug der Vereisung erfolgte dann die Verstopfung der Spalten durch Grundmoränen oder fluviatile Aufschüttungen. Infolgedessen mussten sich die Wannen zu einem Teil mit Wasser füllen. So ist beim seichten Guppensee die Hauptabflusspalte mit typischem Grundmoränenlehm verstrichen, in welchem ein kleiner Abflusstrichter sich gebildet hat. Wenn wir resümieren, so können wir kurz die Hochseen des glarnerischen Kalk- und Schiefergebirges als Trichter- oder Dolinenseen bezeichnen, die aber auch eine mehr oder minder starke Modellierung durch das fliessende Eis erfahren haben.

3. Die Seen des Sernifitgebirges sind Produkte der Gletscherthätigkeit, sei es, dass sie vollständige vom Gletscher ausgehöhlte Felsbecken darstellen, sei es, dass ihre Beckenwandung nur zu einem Teil aus anstehendem Fels besteht, zu einem andern Teil aber durch glaciale oder fluvioglaciale Ablagerungen gebildet wird. Die meisten Seen des Sernifitgebirges liegen in kahrähnlichen Thalformen, zum Teil hoch oben an den Gehängen im Hintergrund der Thäler, zu welchen die Kahrböden mit schroffen Felswänden abbrechen. Die Gletscherschliffe und Moränen in Verbindung mit dem Fehlen von scharfen Erosionsformen beweisen, dass diese Stufen bis vor kurzem überfirnt waren und dass seither das fliessende Wasser noch keine nennenswerte Arbeit hat leisten können. Ihre Entstehung verdanken die Felsbecken der abschleifenden Wirkung des bewegten Eises oder Firns, welche unter gewissen Umständen sogar in eine kolkende übergehen

*

Digitized by Google

konnte. Diese Umstände aber waren gegeben durch die Thalformen und Stufen, welche die der letzten Vergletscherung vorausgegangene Wassererosion geschaffen hatte. In diesen Thalformen musste bei der eintretenden Vergletscherung sich das Eis, resp. der Firn ansammeln und so auf den Felsboden eine verstärkte abschleifende Wirkung ausüben, welche an Gefällsbrüchen zu einer eigentlich kolkenden werden konnte, wie wir das bei den Murgseen (Seite 222 u. f.) auseinandergesetzt haben.

4. Bei der Entstehung der glarnerischen Hochseen waren also Wasser und Eis thätig und zwar ging bei allen Seen die Wasser- der Eiswirkung voraus. Das Verhältnis der Wasser- zur Eisarbeit ist aber bei den einzelnen Becken verschieden. Wir können nach diesem Verhältnis sämtliche Felsbecken in eine Reihe stellen. Auf der einen Seite stehen die typischen Trichterseen (Spannegg- und Guppensee), welche sozusagen keine Modellierung durch das fliessende Eis aufweisen; den andern Flügel bilden die Kahrseen des Sernifitgebietes, an deren Bildung die Wassererosion nur dadurch Anteil hat, dass sie der nachfolgenden Gletscherthätigkeit ein coupiertes Terrain hinterliess, während die Ausgrabung des Felsbeckens die Arbeit des Gletschers ist (Murgseen, Milchspülersee). Die Mitte der Reihe endlich wird repräsentiert durch eine Anzahl Seen (Thalsee, Oberblegi-, Muttensee), bei welchen die chemische und mechanische Erosion des nach Spalten abfliessenden Wassers und die abhobelnde Wirkung der spätern Eiseinlagerung ungefähr in gleichem Masse an der Wannenbildung gearbeitet haben. Diese letztern Seebecken sind zwar ihrer ursprünglichen Anlage nach Dolinenseen, haben aber jetzt das Aussehen von Kahrseen. Man könnte sie als Pseudo-Kahrseen bezeichnen.

5. Einem dritten Seetypus gehören der Ober- und Niedersee an. Diese sind in eigentlichen Thalwegen liegende Seen, abgedämmt durch ins Thal gefallene Bergsturzmassen.

6. Die Seen des glarnerischen Kalk- und Schiefergebirges sind also Trichter- oder Dolinenseen. Die meisten derselben befinden sich auf Terrassen, welche durch die leichte Verwitterbarkeit bestimmter Gesteine entstanden sind. So liegen Oberblegi- und Guppensee in den weichen Opalinusthonen des untern Doggers; Mutten- und unterer Wildmaadsee in den eocänen Flyschschiefern, die Fessisseclein in den leicht verschwemmbaren Quartenschiefern der Röthigruppe. Diese leicht zu erodierenden Schiefergesteine wurden vom Wasser

Digitized by Google

zuerst oberflächlich abgespült und in denselben thalförmige Hohlformen modelliert. Beim tiefern Einschneiden geriet aber der Bach auf die spaltenreichen liegenden Kalkschichten, in deren Klüften das Wasser sich unterirdisch verlor. Nach diesen Klüften wurden die Thalformen weiter erodiert, so dass schliesslich blinde Thäler entstehen mussten. So gaben beim Thalsee die Klüftung und chemische Zusammensetzung des obern Malmkalkes (Thiton), beim Spanneggsee der durch Dislokationen hart mitgenommene Röthidolomit und Malm, beim Oberblegi- und Guppensee der spaltenreiche Lias und beim Mutten- und untern Wildmaadsee der Nummulitenkalk Anlass zur Trichterbildung, welche mit der Zeit zur Bildung von schüssel- oder trogförmigen Hohlformen führte. Beim Guppen- und Oberblegisee sieht man jetzt noch am Terrassenabsturz die Erosionsrinnen der Bäche, die einst über die Terrassen weggeflossen sind, bevor sie sich im Boden der Terrassen unterirdisch verloren (vide BALTZER, *Glärnisch*, S. 63).

7. Unsere Alpenseen sind ein Vermächtnis der Eiszeit. Die jetzige Zeit arbeitet an ihrer Zerstörung. Alle die oben beschriebenen Wasserflächen, welche so oft einer Gebirgsgegend den Stempel einer eigenartigen Schönheit aufdrücken, befinden sich im Stadium des Rückganges: Ihr Hohlraum vermindert sich von Jahr zu Jahr durch Auffüllung mit Geschieben, welche die Zuflüsse zuführen, oder durch Einengung mit Schuttkegeln. Die einen altern schneller, die andern langsamer. An einzelnen Orten ist der Auffüllungsprozess bereits zu einem Abschluss gekommen, so dass sich jetzt dort an Stelle des ehemaligen Wasserspiegels eine kleine, meistens sumpfige Ebene ausbreitet. Solche verschwundenen Seen lassen sich an manchen Orten nachweisen: Meerenboden, östlich des Mürtschenstocks; Mürtschenalp; Mettmen im Niedernthal, etc. Wenn man bei den jetzigen Seen die jährliche Geschiebezufuhr mit den bereits angelegten Deltas und das Ergebnis der jährlichen Verwitterung mit den schon bestehenden Schuttkegeln vergleicht, so bekommt man unwillkürlich den Eindruck, dass die auffüllenden Kräfte noch verhältnismässig nicht lange in Thätigkeit seien, d. h. mit andern Worten, die die Hohlformen vor Auffüllung schützende Gletscher- oder Firneinlagerung hat sich relativ spät aus ihnen zurückgezogen. Im weitern zeigen die Hochseen eine um so jugendlichere Physiognomie, je höher ihre Lage ist. (Man vergleiche Mutten- und Oberblegisee.) Daraus folgt, was eigentlich selbstverständlich ist, dass die schützende Firneinlagerung

Digitized by Google

in den höhern Wannen sich länger hielt, als in den tiefern. Die eiszeitliche Schneegrenze muss sich also allmählich von ihrer tiefsten Lage bis in die Höhe der heutigen Schneegrenze zurückgezogen haben. Für einen solchen allmählichen Rückzug, der zeitweise von einem stationären Zustand unterbrochen wurde, sprechen auch die Moränenwälle, welche wir beim Aufstieg in ein Seitenthal wiederholt antreffen (vide Oberblegi- und Guppengletscher, S. 209, resp. 212). Es wäre möglich, aus den tiefstgelegenen Moränenvorkommnissen unter gewissen Bedingungen einen Schluss auf die tiefste Lage der eiszeitlichen Schneegrenze zu ziehen. Sicherer lässt sich aber nach dem Vorgang von RICHTER[1] aus der Höhenlage der kahrförmigen Hohlformen, die ja ihre Existenz einem Lokalgletscher verdanken, die eiszeitliche Schneegrenze bestimmen. Diese Bestimmung wird nur erschwert durch die Mächtigkeit des Eisstromes, der das Hauptthal erfüllte. Wie uns die Moränen am « Schluchen » auf Braunwald, die schon BALTZER[2] erwähnt, sowie einzelne Findlinge auf der Alp Aeugsten am Südabhang des Schilt beweisen, muss die Oberfläche des dilluvialen Linthgletschers im Glarner Hinterland ihren höchsten Stand bei 1400—1500 m. gehabt haben. Andere Moränen habe ich ob den Auenbergen (rechte Thalseite oberhalb des Weilers Zusingen) auf 1200 und 1300 m. angetroffen. Unter diesen Umständen darf man unter 1200—1300 m. (= mutmassliche Eisstromhöhe im Unterland) keine Kahrformen mehr erwarten, auch wenn die Schneegrenze einmal tiefer hinabgereicht hätte. Wir müssen also zum voraus darauf verzichten, die absolut tiefste Lage der eiszeitlichen Schneegrenze aus den Kahrformen ableiten zu wollen; hingegen setzen uns diese doch in den Stand, angeben zu können, wie weit zur Eiszeit die Region des ewigen Schnees mindestens hinabgereicht hat. Stellen wir ein paar der bezeichnendsten Kahrformen zusammen :

Name der Hohlform.	Mittl. Höhe des Kahrbodens.	Mittl. Höhe der Umrahmung.
Tiefenwald (an der Schönau)	1580 m.	1800 m.
Ahornthälchen (Oberseethal)	1300—1400 m.	2000 m.
Mullern (oberhalb Mollis)	1200—1400 m.	1900 m.
Alp Biglingen (ob Mühlehorn)	1400—1600 m.	1900 m.
Tannenboden (oberhalb Terzen)	1400 m.	1600 m.

Wir schätzen nach diesen Kahrvorkommnissen den relativ niedrigsten Stand der eiszeitlichen Schneegrenze auf 1300—

[1] Geomorph. Untersuchungen in den Hochalpen, S. 16 und 17.
[2] Glärnisch, S. 31.

Digitized by Google

1500 m. Mit dieser Zahl stehen wir in Uebereinstimmung mit RICHTER[1], welcher für die eiszeitliche Schneegrenzhöhe am Aussenrand der Alpen 1300 m. gefunden hat.

8. Die meisten Seebecken stellen eine unbedeutende, sekundäre Hohlform im Boden eines ältern Thales dar. Vor ihnen liegt meistens noch ein Stück des alten Thalbodens, bald eine ansehnliche Terrasse darstellend (Muttensee, Oberblegisee), bald zu einem blossen Riegel zusammengeschrumpft (oberer Murgsee, Spannegg-, Guppensee). Dieses Thalstück weist ausser der aktiven Abflussrinne meistens noch mehrere « tote » Erosionsfurchen auf. Letztere sind mit Moränenmaterial erfüllt, korrespondieren aber keineswegs mit dem Seegrund, sondern halten mit ihrer Sohle ein höheres Niveau ein, etwa das des Seespiegels oder einige Meter darüber. Diese « toten » Erosionsfurchen erscheinen als sekundäre Dränierungsrinnen im breiten Boden der oben erwähnten primären Thalform. Sie sind durch die nachträglich einsetzende Beckenbildung ihrer Funktion als Bachbett beraubt worden. Demnach müssen sie älter als die Becken sein. Damit stimmt sehr gut, dass sie Einlagerung von Moränenmaterial und Gletscherschliffe aufweisen; ihre Entstehung muss mithin in die eisfreie Periode vor der letzten Vergletscherung fallen. Anderseits erscheinen diese Thalbodenreste vor den Seen zu wenig vom Gletscher abgehobelt, als dass die Erosionsrinnen in denselben von der präglacialen Wassererosion herrühren könnten ; sind doch die die Furchen trennenden Felspartien als Rundhöcker erhalten geblieben. Verbindet man aber die Gipfel dieser Rundhöcker durch eine Linie, so bekommt man eine Kurve, welche gut dem Querschnitt durch die Sohle eines **U**-Thales entspricht. Wir gelangen durch die besprochenen Verhältnisse zu der Ansicht, dass die oben erwähnten Erosionsfurchen während der letzten eisfreien Periode der Eiszeit in einen Thalboden eingegraben wurden, der durch die vorausgegangene Vergletscherung bereits modelliert worden war. In dieser Interglacialzeit sind nach unserer Ansicht auch die Thalstufen und Kahrtreppen entstanden, welche wir uns nach dem Vorgange BALTZERS[2] nur durch die Wassererosion vor einem stationären Gletscherende entstanden denken können. Durch diese Stufung des Thalbodens war aber die Möglichkeit für eine ungleiche Einwirkung des neu vorstossenden Eisstromes auf sein Bett ge-

[1] Geomorph. Untersuchungen, S. 92.
[2] Glärnisch, Seite 67.

Digitized by Google

geben, welche schliesslich, wie bei den Murgseen ausgeführt wurde, zur Auskolkung von Felsbecken führte.

9. Wenn wir nun sehen, dass die jetzigen Alpenseen sich im Stadium eines raschern oder langsamern Rückganges befinden, ja wenn wir an zahlreichen Orten auf die Spuren bereits aufgefüllter Seen stossen, so suchen wir unwillkürlich nach Punkten, wo Seebecken gegenwärtig entstehen. Um solche Punkte zu finden, müssen wir Orte aufsuchen, wo jetzt noch diejenigen physikalischen und geologischen Verhältnisse existieren, welche, wie wir bei der Einzelbeschreibung der Seen gesehen haben, die Entstehung ruhender Wasserflächen bedingen. Solche Stellen sind einmal isolierte Kalkplateaux mit geringer Schuttbedeckung, sodann die Schneegrenze, in geringem Grade ferner die ganze Region, wo überhaupt Schnee fällt und endlich die Punkte, wo Bergstürze, Erdschlipfe stattfinden, oder wo Wildbäche Schuttkegel einem andern Wasserlauf in den Weg stellen. Ebenso dürften flache Becken unter unsern Gletschern am Fusse der steilern Partien des Gletscherbettes zum Vorschein kommen, wenn nur das Gletscherende sich so schnell aus ihnen zurückzieht, dass der Gletscherbach keine Zeit findet, die geschlossene Hohlform durch Durchsägung der vordern Wand zu öffnen.

Suchen wir für jedes dieser Momente Beispiele in den Glarner Alpen.

Hohlformen bilden sich gegenwärtig durch die vorwiegend chemische Erosion des nach Spalten unterirdisch abfliessenden Wassers im Malmboden des Vorder- und Hinterthales (vergl. den Abschnitt Thalsee), auf dem Liasplateau des Leuggelstocks und der Guppenalp (siehe Oberblegi- und Guppensee). An diesen Orten finden sich Hohlformen in allen möglichen Stadien der Entwicklung vom senkrechten Schlot (Hellloch) bis zur flachen Schüssel mit eingethaltem Rande und gedichtetem Boden, der sich vorübergehend mit Wasser bedeckt. Auf dem Röthikalkplateau von Walenfässis werden durch Ausspülung der Quartenschiefer nach Trichtern des liegenden Dolomites an einem fort neue Hohlformen gebildet, bestehende erweitert und auch zum Teil gedichtet oder aufgefüllt. Der Abfluss des Muttensee höhlt seine Doline immer tiefer aus und schneidet sich dabei immer weiter nach rückwärts ein. Wird sein Trichter einmal verstopft, so muss sich ein zweiter Muttensee bilden. An allen genannten Orten, und wohl noch an vielen andern, können also mit der Zeit Do-

Digitized by Google

linenseen sich bilden. Es würde das sicher geschehen, wenn noch einmal der Gletscher über die angeführten Punkte vorrücken und beim Rückzug sein Moränenmaterial auf den Trichterspalten liegen lassen würde.

Aktive Kahre, d. h. cirkusförmige Thalschlüsse, die gegenwärtig noch eine Firn- oder Gletschereinlagerung besitzen, sind die Lagerstätten der Gletscher von Cavirolas, Fluaz, sowie des Meer- und Segnesgletschers. Die ersten drei finden sich auch bei Richter citiert (S. 101). Durch Kombination der abschleifenden Wirkung der Eiseinlagerung mit der schuttablagernden kann sich hier leicht eine allseitig geschlossene Hohlform bilden, die als Wassersammler in Thätigkeit treten kann. — Am Fusse lange sich haltender Lawinenschneekegel kann man oft konstatieren, wie das von den Felswänden abwitternde Gestein sich in Form von grössern oder kleinern Endmoränen anhäuft. Verschwindet nun im Spätsommer, resp. in besonders günstigen Jahrgängen, der Schnee, so bleiben Hohlformen zurück, die sich unter Umständen wenigstens zeitweise mit Wasser füllen können. Was der Lawinenschneekegel im kleinen bewirkt, wiederholt sich bei kleinern Gletschern im grossen. Ein derartiges Vorkommnis findet sich in kleinem Masstabe auf der Meerenalp, in grösserm im Hintergrund des Lauchbodens am Ortstock.

Durch Bergstürze oder Erdschlipfe sind vorübergehend gestaut worden: Der Sernf durch den Bergsturz von Elm 1881, der Niederurnerbach durch einen Erdschlipf im Jahr 1897. Durch einen plötzlich in die Linth geworfenen Schuttkegel hat die Guppenruns 1890 diesen Fluss zu einem ziemlichen See gestaut. Lawinen hinterschwellen jedes Jahr auf kurze Zeit den Sernf zwischen Schwanden und Engi und wohl die meisten Seitenbäche des Linththales. Alle diese Stauungen waren oder sind aber nur vorübergehende Erscheinungen, indem die Erosionskraft des Wassers oder Menschenhand die Barriere bald wegräumten.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich der Schluss, dass dauernde Seebecken gegenwärtig im allgemeinen nur in relativ bedeutender Höhenlage sich bilden, da nur hier die physikalischen Faktoren, welche das Werden von Seen bedingen, vorhanden sind, nämlich: leichte Angreifbarkeit von zerklüfteten Kalkoberflächen für die unterirdische chemische und mechanische Erosion wegen mangelnder Humus- oder Schuttdecke, ferner ein geringes Auffüllungs- und Erosions-

Digitized by Google

vermögen der fliessenden Gewässer infolge feinerer Verteil der einzelnen Rinnen und endlich die abschleifende, tr portierende und schuttablagernde Thätigkeit von Eis Firn.

ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Entstehung der glarnerischen Hochseen ist eng der eiszeitlichen Vergletscherung verknüpft.

2. Die Seen des Sernifitgebirges liegen meistens in k ähnlichen Hohlformen. Ihre Becken sind teils Felsbec entstanden durch eine lokal stärker abschleifende Wirk des fliessenden Eises, teils gemischten Ursprungs, d. h. liegen nur zu einem Teil in anstehendem Fels, zu ei andern aber in glacialen oder fluvioglacialen Aufschüttun

3. Die Seen des Kalk- und Schiefergebirges sind Doli seen, welche ihre Entstehung in erster Linie der chemis und mechanischen Erosion des nach Spalten unterird abfliessenden Wassers und in zweiter Linie der abschlei den, transportierenden und ablagernden Wirkung einer maligen Gletscher-, resp. Firneinlagerung verdanken. Di zweite Faktor hat bewirkt, dass viele Dolinenseen eine sere Aehnlichkeit mit wirklichen Kahrseen aufweisen; könnte sie deshalb als Pseudo-Kahrseen bezeichnen.

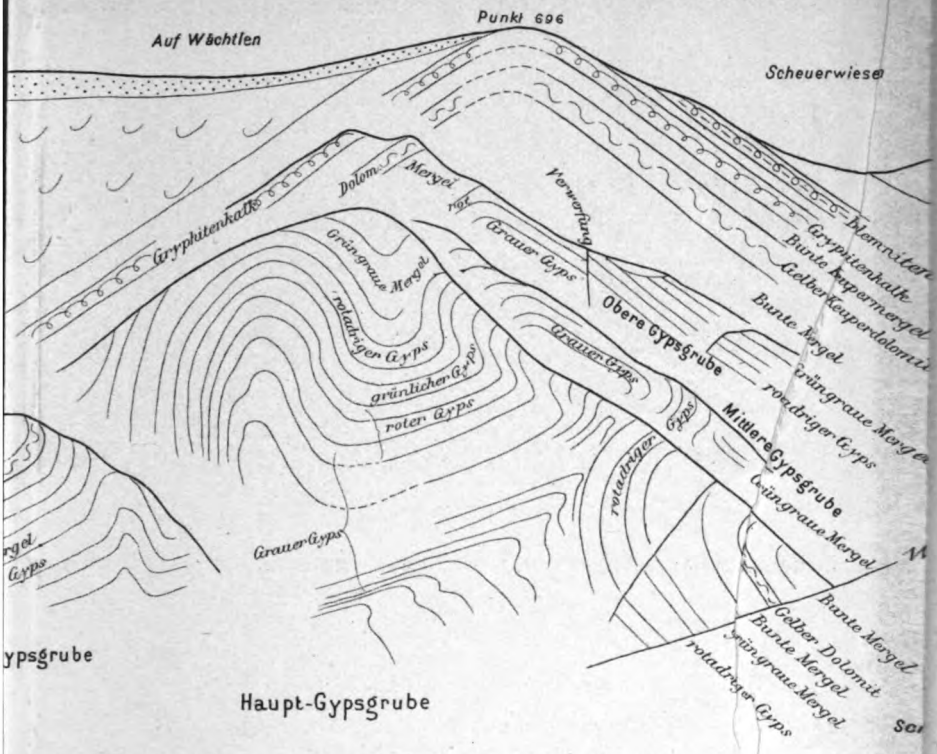
4. Aus der vertikalen Verbreitung der wirklichen Pseudo-Kahrseen, sowie der Kahre ohne Seen kann Schluss auf die Lage der eiszeitlichen Schneegrenze in Glarner Alpen gezogen werden. Wir kommen zu ei Schneegrenzhöhe von 1300—1500 m., während die maxim Eisstromhöhe des Linthgletschers im Glarner Hinterl 1400—1500 m. betrug.

Digitized by Google

Digitized by Google

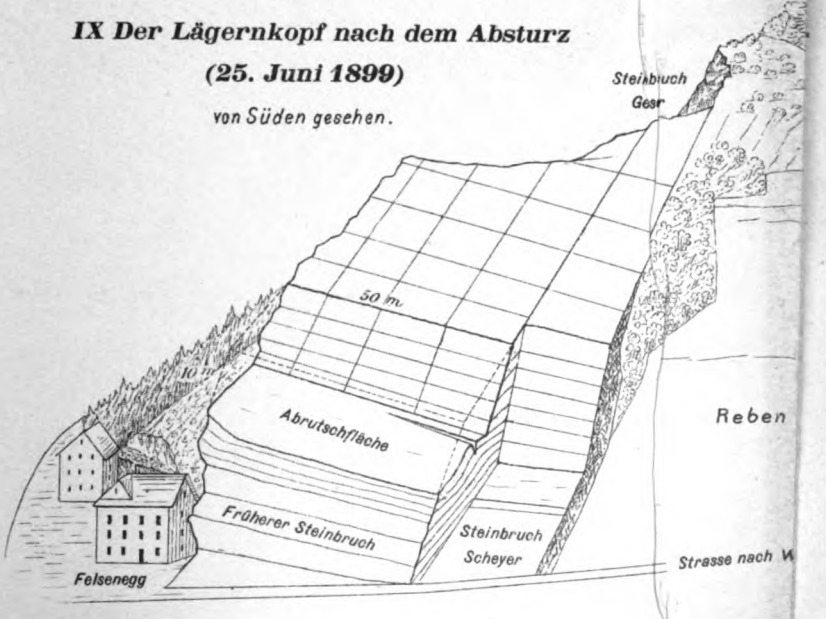
Digitized by Google

X. Die Gypsgruben südlich Ober-Ehrendingen



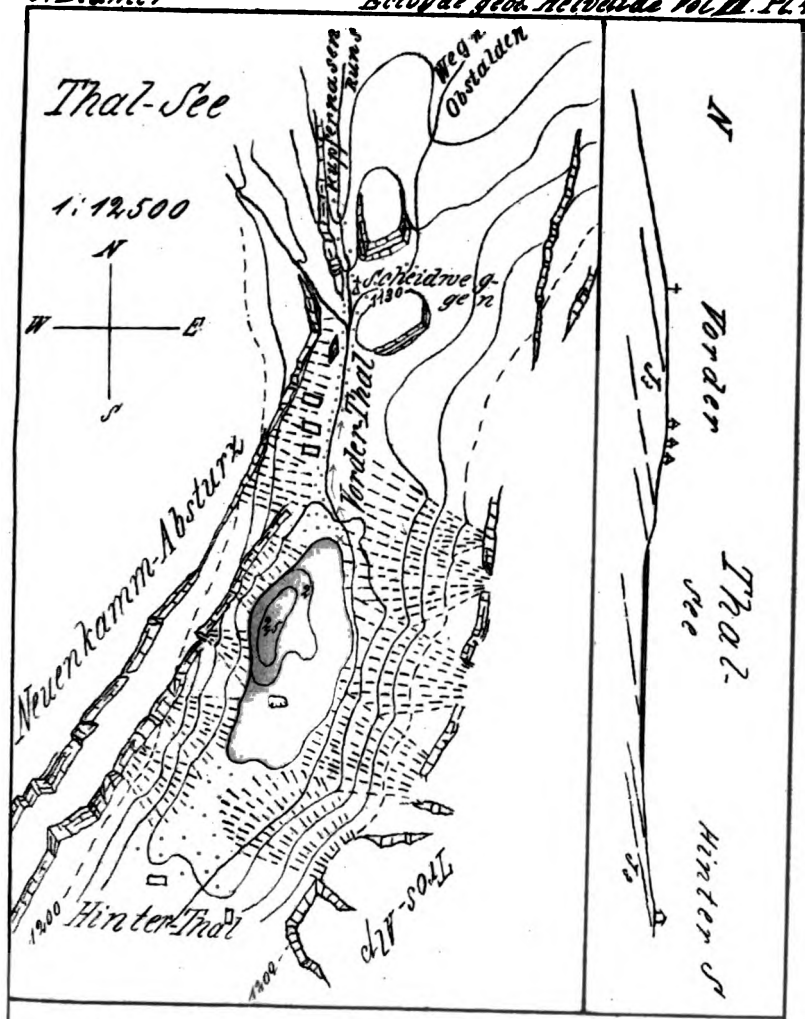
IX Der Lägernkopf nach dem Absturz
(25. Juni 1899)

von Süden gesehen.



Digitized by Google

Digitized by Google



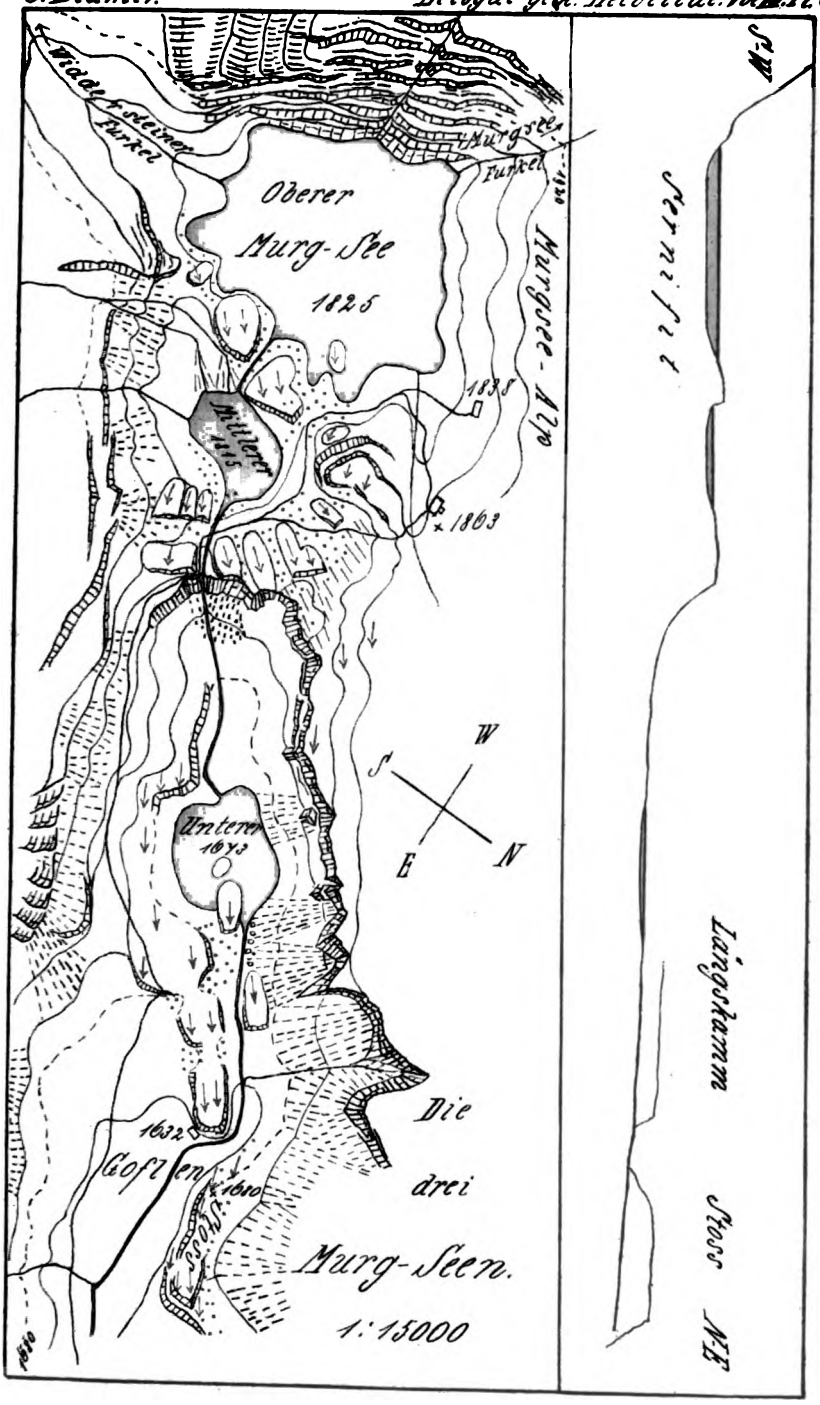
Legende zu Tafel 4, 5, 6, 7.

- Moränen-wälle
- Moränenmaterial
- × Trichter
- Gletscherschliffe
- B = Bocän
- J₃ = Malm
- Schuttkegel
- S = Serpentin
- Jₐ = Dogger
- Torf
- J₁ = Lias
- L = Lochseitenkalk

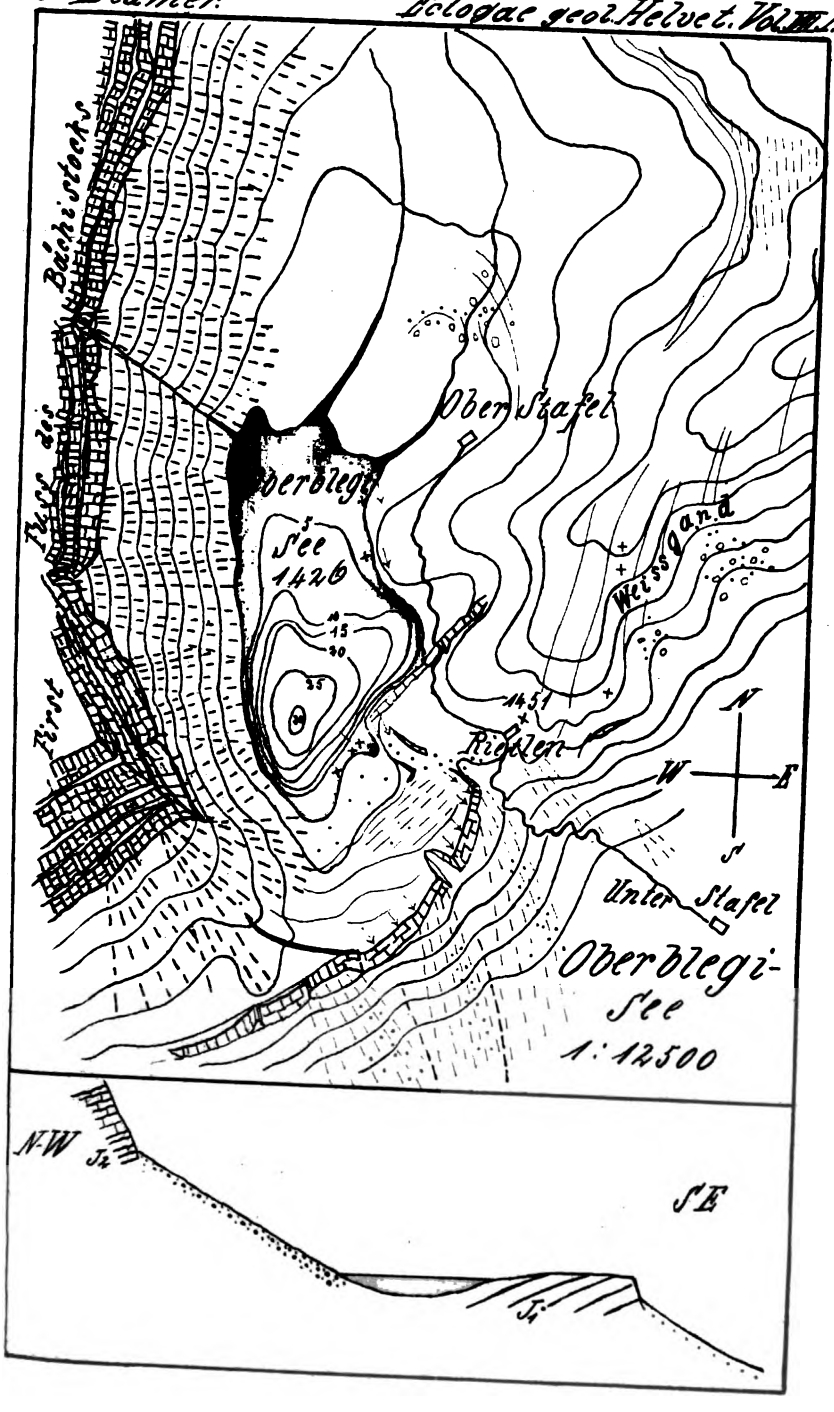
Äquidistanz der Kurven 30 m.

Digitized by Google

Digitized by Google

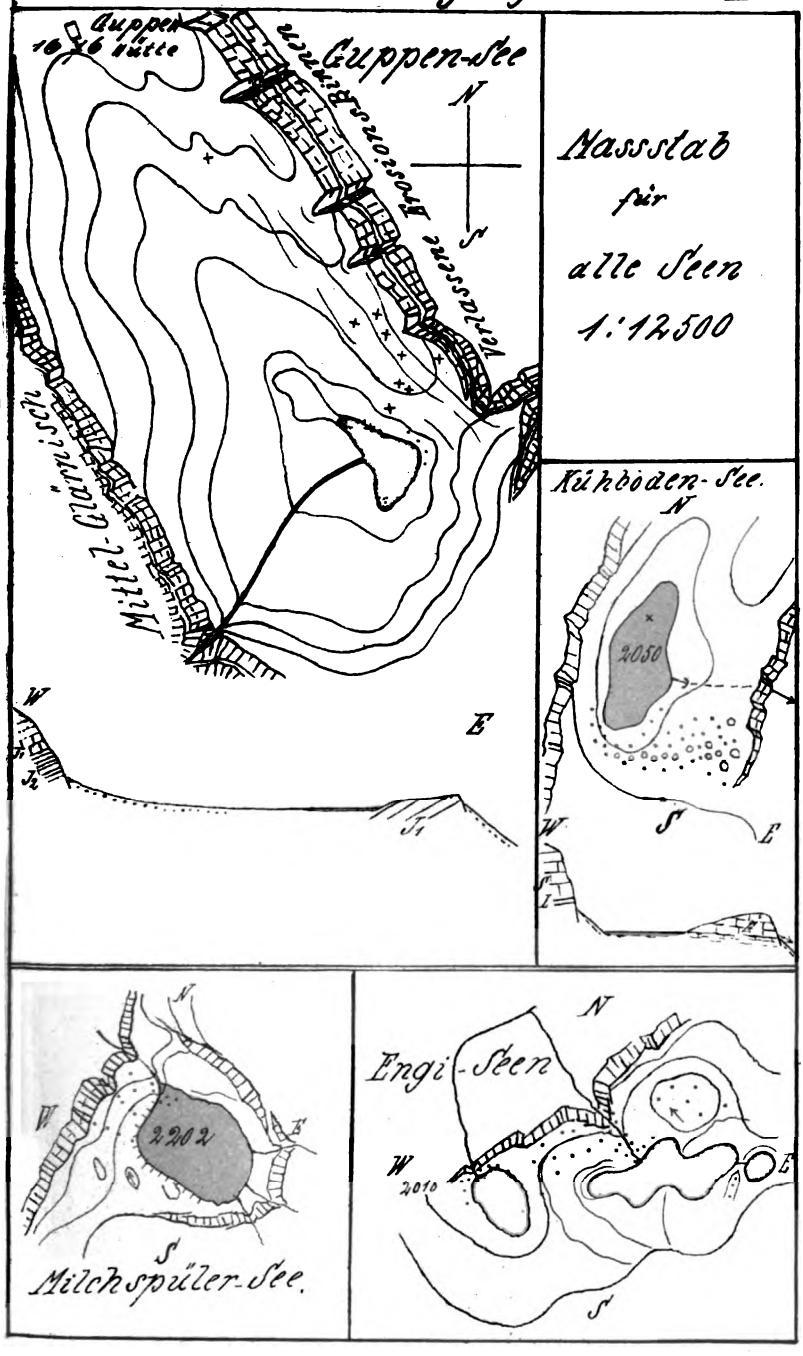

Widdersteiner Furkel
Murgsee Furkel
Oberer Murg-See 1825
Murgsee-Alp
1838
1863
Mittlerer 1815
Unterer 1673
W
S
E
N
1632
Goflen
1680
Die drei Murg-Seen.
1:15000
S.W.
Sernifit
Längskamm
Stoss
NE

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Société géologique de France

En vente au siège de la Société : 28, rue Serpente, PARIS.

G.-A.-F. MOLENGRAFF

Géologie de la République Sud-africaine du Transvaal.

Envoi franc de port (Union postale) contre un mandat-poste de **6 francs**.

Chez GEORGES BRIDEL & Cie éditeurs à Lausanne.

A PARIS
A LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, boulevard St Germain.

A BALE
CHEZ GEORG & Cie
libraires.

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTE-RENDU DE LA 6e SESSION EN SUISSE

Août 1894, Zurich.

Prix avec 12 tableaux en couleurs :

25 francs. — 20 marcs. — £ 1. — $ 5.

La 6e partie à part.

CHRONOGRAPHE GÉOLOGIQUE

12 grands tableaux en couleur, avec texte explicatif, et Répertoire stratigraphique polyglotte,

par E. RENEVIER, prof.

Prix : **10 francs.** — Les tableaux seuls, en feuilles : **6 francs.**

Récentes publications de la

COMMISSION GÉOLOGIQUE FÉDÉRALE

En dépôt chez Schmidt & Francke, à Berne.

Carte géologique du Bassin du Léman.

2de éd. de la Fille XVI au 1 : 100 000, avec Notice explicative par RENEVIER et SCHARDT, 1899. — Prix : 10 francs.

E. LETSCH, Die Molassekohlen der Ostschweiz.

253 pages in-4°, avec 8 planches. — Prix : 10 francs.

Matériaux pour la Carte géologique. 2e sér. ; Livr. IX.

J. OBERHOLZER. Monographie einiger prähistorischer Bergstürze in den Glarneralpen.

209 pages in-4°, avec 4 planches et une grande carte géologique au 1 : 20 000, des environs de Glaris. — Prix : 15 francs.

Digitized by Google

Bonne occasion.

A vendre la série complète jusqu'à 1895 des

Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.

Livraisons I à XXXIV

avec les 25 feuilles au 1 : 100 000, dont quelques-unes entoilées.

Prix du bloc : **400 francs.**

S'adresser à Mme Veuve **AUG. JACCARD** au **Locle**, Neuchâtel (Suisse).

LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE EN SUISSE

Nous n'avons plus de Livret-guide à prix réduit. Pour l'obtenir s'adresser à l'éditeur F. PAYOT, à Lausanne. Il reste encore chez notre caissier quelques *Separata* aux prix suivants :

Separata avec planches	Fr. 1 —
Separata sans planche	» — 80
Notices sur les Musées géologiques de la Suisse.	» — 50

S'adresser à M. le prof. MÜHLBERG, à Aarau, en lui envoyant la valeur en *timbres-poste suisses.*

Pour les *Compte-rendus* du Congrès de 1894, voir au dos.

PRIX DES ECLOGÆ

Le vol. I des *Eclogæ* n'est plus en vente séparément.

	En librairie.	Aux membres.
Série des volumes I à V	Fr. 65 —	Fr. 55 —
Volumes II à V, séparément	» 12 —	» 10 —
Livr. séparées disponibles des vol. I à V	» 2 50	» 2 —
Volume VI	» 12 —	» 10 —

Dès le N° 1 du volume VI le prix de chaque livraison est marqué sur la couverture. — Réduction de $^1/_4$ pour les membres.

4 francs.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

GJ-S

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la Société
E. RENEVIER, professeur.

Vol. VII, N° 4.

Avec 3 planches et 7 clichés.

		Pages.
15.	F. MÜHLBERG. Erläuterung zur geol. Karte der Lägernkette	245
16.	ÆBERHARDT. Alluvions anciennes de Genève	271
17.	RENEVIER. Axe anticlinal de la Mollasse (Pl. 8, 9 et Cl. 10 à 13).	287
18.	P. LORY. Epigénie glaciaire du Drac	299
19.	GERBER. Eocæn des Kienthals (Cl. 14)	301
20.	Compte-rendu de la Réunion de *Genève*	305
	A. Rapport du Comité pour 1901-1902	305
	B. Protocole de la 21e assemblée générale	308
	C. Programme des excursions en Savoie	311
	Liste bibliographique	317
	D. Rapport de la Commission géologique suisse	318
21.	CH. SARASIN. Région des Vergys, Annes, Aravis (Pl. 10 et Cl. 15, 16)	321
22.	P. LORY. Faciès à entroques du Lias	334
23.	LUGEON. Naissance des Alpes suisses.	335
	Observations de M. SCHARDT	343
24.	SCHARDT. Avalanche du glacier du Rossboden	347
25.	FOREL. Poussières éoliennes	350
26.	BAUMHAUER. Mineralien aus dem Binnenthal	351
27.	BAUMHAUER. Kristallbau des Lepidolith	351
	A. ROSSEL. Cause possible des éruptions volcaniques	355
	A. BRUN. Glaciers du Spitzberg en 1902	357
	STEHLIN. Grenze zwischen Oligocæn und Miocæn	360
	STEHLIN. Fauna des Bohnerzes vom Chamblon	363

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS

Janvier 1903.

Digitized by Google

Les *Eclogæ* servent d'organe périodique à la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE *(Schweizerische geologische Kommission)*.

Les livres, cartes, etc., donnés en échange contre les publications de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

Tit. Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums,
(in Tausch mit der SCHWEIZERISCHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION)
in ZURICH

Les envois de livres, etc. destinés à la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, doivent être adressés :

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, p. adr. *Bibliothèque de la Société helvétique des sciences naturelles à BERNE.*

Annonces.

Les *Eclogæ* inséreront volontiers des annonces payantes de publications géologiques, comptoirs minéralogiques et paléontologiques, collections ou bibliothèques à vendre, etc. Le prix des annonces est de 5 fr. par *quart de page*, avec réduction pour les annonces plusieurs fois répétées.

Die *Eclogæ* nehmen gerne bezahlte Anzeigen über geologische Publikationen, mineralogische und paläontologische Geschäfte, zum Verkauf ausgebotene Sammlungen oder Bibliotheken, etc. auf. Der Preis der Annoncen beträgt 5 Fr. für die Viertelsseite mit Ermässigung bei Wiederholung derselben Anzeige.

PRIX SCHLÆFLI

proposé par la Société helvétique des sciences naturelles pour le 1er juin 1903.

Analyse chimique des eaux et du sol des grands lacs de la Suisse, discussion des résultats.

Pour renseignements s'adresser à

M. le professeur ALB. HEIM, HOTTINGEN-ZURICH V.

Grand choix de ***Cristaux, Minéraux*** et ***Roches du Binnenthal*** à prix modérés chez :

Anton IMHOFF
Jos. Maria MANGOLD } à Binn (Haut Valais).
Gabriel GORSAT

Franz JENTSCH, Mineralsammler, Deisch, bei Grengiols (Haut Valais).

Digitized by Google

13620

FEB 10 1947

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Erläuterungen zu den geologischen Karten des Grenzgebietes zwischen dem Ketten- und Tafeljura

im Masstab 1 : 25,000

von

F. MÜHLBERG.

I. Teil.

Geologische Karte der Lägernkette und ihrer Umgebung.

A. Allgemeine Einleitung.

Trotzdem sowohl der Ketten- als der Tafeljura in den letzten 80 Jahren von zahlreichen Forschern untersucht worden sind, bestanden doch über deren Tektonik und besonders über die Lagerungsverhältnisse an der Grenze zwischen beiden, bis in die neueste Zeit, grosse Meinungsverschiedenheiten. Im Allgemeinen beherrschten diejenigen Autoren (besonders THURMANN und MÖSCH) die « öffentliche Meinung » der wissenschaftlichen Welt, die im Kettenjura nur einfache Gewölbe und im nördlich davor gelagerten Tafeljura ein nur wenig gestörtes Plateau zu sehen glaubten. Andere Forscher (besonders GRESSLY, MERIAN und STUDER), die diese Auffassung teilten, bestritten zwar nicht, dass da und dort Lagerungsstörungen, Umkippungen, Verwerfungen, Transversalverschiebungen und Ueberschiebungen vorkommen; diese wurden aber nur als lokale Ausnahmen angesehen. Demgegenüber haben gerade diejenigen Geologen (besonders MOUSSON, A. MÜLLER, STUTZ), die sich nicht mit einer raschen, allgemeinen Uebersicht über den ganzen Jura befasst, sondern sich die Aufgabe gestellt hatten, kleinere Gebiete, aber diese gründlich zu untersuchen, auf welchen Teil des Jura sich diese Untersuchungen beziehen mochten, das Vorhandensein von wesentlichen Lagerungsstörungen stets als eine typische

Digitized by Google

Erscheinung bezeichnet. Gestützt auf ihre Wahrnehmungen haben sie die Theorie des Faltenbaues zum Teil mit eben der Einseitigkeit bestritten, mit der die Anderen daran festhielten.

Verschiedene Ursachen bedingten, dass der Widerspruch der Ansichten nicht früher gelöst worden ist: Erstens die Mannigfaltigkeit der Einzelheiten, deren gründliche Untersuchung und Kontrolle auf dem ganzen ausgedehnten Gebiet wegen der früheren Unvollkommenheiten der Hilfsmittel, und zwar sowohl wegen der noch ungenügenden Feststellung der stratigraphischen Verhältnisse, als wegen der Mangelhaftigkeit der Verkehrsmittel sehr erschwert war; zweitens fehlte es früher an genauen Karten in grossem Masstabe, welche die Einzeichnung der Einzelheiten mit genügender Klarheit und dadurch auch deren Nachprüfung durch Andere gestattet hätten; drittens arbeiteten offenbar die Spezialforscher, zumal die Mitarbeiter an der geologischen Karte der Schweiz, auf den ihnen zugewiesenen Gebieten im nördlichen Jura zu sehr für sich, ohne auf die Ergebnisse und Ansichten ihrer Nachbarn Rücksicht zu nehmen.

Die jederzeit mächtige Neigung der Menschen, solche Darlegungen zu acceptieren, die das Bedürfnis einer möglichst einfachen Uebersicht über ein Gebiet nach den jeweilen herrschenden Systemen zu befriedigen scheinen, war der Anerkennung der einfachen Faltentheorie um so zugänglicher, als deren Vertreter ihre Ansichten in ansprechender Form und mit grosser Sicherheit des Auftretens darzubieten verstanden. Die gegenteiligen Ergebnisse der Erforscher vereinzelter Gebiete konnten sich dagegen um so weniger Geltung verschaffen, als sie zum Teil in augenscheinlich unvollkommener ja unwahrscheinlicher Weise und ohne Zusammenhang dargeboten wurden. Sie wurden sozusagen todtgeschwiegen.

Dem Fachmann musste es jedoch auffallen, dass gerade die gründlichsten Kenner spezieller Gebiete sich zu den herrschenden Theorien in Opposition befanden, dass die Erfunde aller Bohrversuche nach Salz unter dem Muschelkalk im Grenzgebiet zwischen dem Ketten- und dem Tafel-Jura (Cornol, Oberdorf, Wisen) auf gewaltige Ueberschiebungen hindeuten und dass auch alle Tunnelbauten im nördlichen Schweizer-Jura: St. Ursanne-Courtmautruy, Glovelier-Montmelon, der Hauenstein- und der Bözbergtunnel, die vorher auf Grund der blossen Faltentheorie entworfenen geologischen Profile nicht bestätigt, sondern das

Digitized by Google

Vorhandensein sehr bedeutender Lagerungsstörungen nachgewiesen hatten. Speziell die Widersprüche in der Auffassung des Gebirgsbaues des Hauensteins, die auch nach der Vollendung des Hauensteintunnels bestehen blieben, und die Abweichungen der Erfunde im Bözbergtunnel von den theoretischen Voraussagen gaben mir zu einer erneuten Untersuchung des Grenzgebietes zwischen dem Ketten- und Tafel-Jura Veranlassung.

Infolge des Nachweises dieser Widersprüche in einer kleinen Abhandlung (F. MÜHLBERG, *Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse des Bözbergtunnels, des Hauensteintunnels und des projektierten Schafmatt-Tunnels und der geologischen Verhältnisse zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura überhaupt*, mit 4 Tafeln, Mitteilungen der Aarg. Nat. Ges., Heft V und *Eclog. geol. helv.*, Vol. I, Heft V. übertrug mir die geologische Kommission der Schweiz. Nat. Ges. im Jahre 1890 die Bearbeitung einer Monographie der Grenzzone zwischen dem Ketten- und Tafeljura in Verbindung mit einer neuen Aufnahme der geologischen Karte dieses Gebietes im Masstab 1 : 25,000.

Schon damals hatte ich einige Blätter des topographischen Atlasses, die sich auf den Aargauer Jura beziehen, vorläufig aufgenommen und der geologischen Kommission vorgelegt. Allein diese Karten konnten aus finanziellen Gründen damals noch nicht veröffentlicht werden. Daher verwendete ich meine Zeit vorderhand auf die Gewinnung einer Uebersicht über das ganze Gebiet und veröffentlichte deren vorläufige wichtigste Ergebnisse in dem *Bericht über die Exkursion der Schweiz. geol. Ges. in das Gebiet der Ueberschiebungen, Verwerfungen und Klippen im Basler und Solothurner Jura, 1892. Eclog. geol. Helv. Vol. III*, in einer *geotektonischen Skizze der nordwestlichen Schweiz, Livret-Guide Geol. Pl. VI, 1894*, und in dem (von mir gezeichneten) Teil des *Ketten- und Tafeljura östlich der Linie Basel-Solothurn* in der *geologischen Karte der Schweiz von Dr A. Heim und Dr C. Schmidt, 1894*. Auf Exkursionen mit befreundeten Geologen, zumal mit der Schweizerischen geologischen Gesellschaft, dem oberrheinischen geologischen Verein und einer Abteilung des internationalen Geologen-Kongresses in Zürich 1894, über die ich jeweilen Berichte herausgegeben habe, unterbreitete ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen der kundigen Kritik von Fachgenossen. Ich verdanke meinen jeweiligen Begleitern manche Förderung und gewann dabei die

Digitized by Google

beruhigende Ueberzeugung, dass meine Auffassungen als richtig anerkannt wurden.

Demgemäss darf ich es nun wagen, meine Aufzeichnungen nacheinander in der Reihenfolge vom Ostende des Juragebirges an gegen Westen der Oeffentlichkeit zu übergeben.

B. Spezielle Einleitung zur geologischen Karte der Lägernkette.

Bei der geologischen Kolorierung der Karte, die die Blätter 37, 39, 40 und 42 des topographischen Atlasses umfasst, habe ich möglichsten Anschluss an die internationale Farbenskala angestrebt. Daher wurde auch der Dogger mit blauer Farbe bezeichnet, im Gegensatz zu der bei uns beliebten Kolorierung der Formationen nach der gewöhnlich braunen Verwitterungsfarbe des Doggers. Da jedoch die ursprüngliche Farbe der Gesteine des « weissen » und des « braunen » Jura bei uns in den meisten Fällen mehr oder minder intensiv blaugrau ist, entspricht die blaue Kolorierung dem wirklichen Charakter des Gesteins besser als eine braune. Aus finanziellen Gründen musste eine Beschränkung auf möglichst wenige Farbtöne stattfinden; wo daher die Lage verschiedener Stufen eines Schichtenkomplexes ohnedies nahezu selbstverständlich ist, wurde deren Unterscheidung auf der Karte unterlassen.

Aus analogen Gründen und um das Kartenbild nicht zu stören, sind bei den zahlreichen erratischen Blöcken die Natur der Gesteinsarten und die Grösse der Blöcke, die ich bei den Originalaufnahmen fast ausnahmslos notiert habe, bei den Quellen der Erguss in Minutenliter, und bei den Soden die Tiefe, nicht angegeben worden. Die Quellen und Sode wurden im Gebiet des Kantons Aargau aus der « Aargauischen Quellenkarte » eingetragen. Es wäre zwar wünschenswert gewesen, auch die Quellen und Sode im Gebiet des Kantons Zürich in gleicher Vollständigkeit einzuzeichnen. Zu den bezüglichen Aufnahmen entbehrte ich jedoch, mit Ausnahme der Gemeinde Hüttiken, deren Quellen Herr Joh. Güller, Gemeindeammann daselbst in die betreffende Karte eingezeichnet hat, der nötigen Beihilfe. Wenn ich aber die Aufnahmen selbst vollständig hätte machen müssen, wäre die Ausgabe der Karte nicht unwesentlich verzögert worden. Immerhin habe ich auch in diesem Gebiet die Lage zahlreicher Quellen angegeben, einige davon nach gefälliger Mitteilung des Herrn Professor Dr. A Heim.

Digitized by Google

Ich habe versucht, die ganze Gliederung des Quartärs entsprechend der von mir veröffentlichten « tabellarischen Uebersicht der glacialen Bildungen im Aargau » (*Mit. der Aarg. Nat. Ges.*, Heft VII und *Der Boden von Aarau*, H. R. Sauerländer, 1896) zur Darstellung zu bringen.

Wenn ich auch unterlassen habe, die Formationen noch durch Eintragen von Buchstaben zu bezeichnen, hoffe ich doch, dass man den Charakter der Farbtöne genügend erkennen werde.

Ich habe mich bemüht, alle Ausbeutungsstellen von Gesteinen, nicht nur die betriebenen, sondern auch die verlassenen, möglichst vollständig einzuzeichnen, in der Hoffnung, damit gelegentlich technischen Zwecken zu dienen. Die Natur des an den einzelnen Stellen ausgebeuteten Gesteins ist deswegen nicht besonders angegeben, weil sie sich fast ausnahmslos aus der Natur der Formation, in der die Ausbeutung betrieben wird (siehe den Abschnitt « Stratigraphie » am Schlusse), von selbst ergibt, und weil sie zudem in dem später herauszugebenden ausführlichen Text zur Karte erwähnt werden soll.

Da die verlassenen Ausbeutungsstellen angegeben wurden, mussten konsequenter Weise die manchmal noch viel beträchtlicheren Aushebungen in Eisenbahneinschnitten und zugleich die erheblicheren künstlichen Aufschüttungen von Dämmen ebenfalls angedeutet werden. Indem ich mich bestrebte, die Zeichnung solcher Stellen nicht zu übertreiben, ist allerdings die Angabe der topographisch nicht sehr bedeutenden, aber historisch als ältestes Denkzeichen der früheren Bewohner dieses Gebietes wichtigen sog. « Heidenschanzen » auf dem Kreuzliberg bei Baden und auf dem Stadlerberg naturgemäss kaum bemerklich ausgefallen. Diese Heidenschanzen sind aber auch in der Tat, trotz ihrer charakteristischen Gestalt, allen früheren Besuchern des Kreuzliberges, auch den Historikern, nicht aufgefallen und bisher unbekannt geblieben.

C. Bodengestaltung und Gebirgsbau.

Aus der Verteilung der das Alter der Gebirgsformationen bezeichnenden Farben auf der Karte und aus den Angaben betreffend das Streichen und Fallen der Schichten lässt sich leicht erkennen, dass sich am Aufbau des Kartengebietes vier tektonische Gebilde beteiligen, die ebenso vielen Landschaftsformen entsprechen.

Digitized by Google

1. Der östliche Ausläufer des Juragebirges, die sogenannte Lägernkette, d. h. eine Antiklinale, die von der Mitte des Westrandes an das Gebiet zunächst in ost-nord-östlicher, dann in rein östlicher Richtung durchzieht.

2. Der Steilabfall des « Verbindungsschenkels » einer Flexur am Südrand des nördlich, resp. nordwestlich gelegenen Tafeljuras, in der nordwestlichen Ecke des Kartengebietes.

3. Das Molasseland im Süden, Osten und Norden der Jurakette.

4. Die Erosionsreste der Hochterrasse, die quartären Wallmoränen und Kiesterrassen, die alluvialen Auffüllungen der Talböden und die Schuttkegel der Seitenbäche.

1. Die Lägernkette.

Sie ist ein durch Faltenüberschiebung des Südschenkels über den Nordschenkel wesentlich gestörtes Gewölbe (Falte, Antiklinale), dessen Scheitel auf der ganzen Länge von West nach Ost abnehmend durch Erosion zerstört ist. An ihrem Aufbau sind der Muschelkalk, der Keuper, der Lias, der Dogger, der Malm, ferner eocäner Bohnerzton, untermiocäne untere Süsswassermolasse, miocäne Meeresmolasse und obere Süsswassermolasse beteiligt. Die Gesteinsschichten dieser Formationen sind durchweg kompakt und mehr oder weniger verfestigt. Obschon zwischen derAblagerung des obersten Malms und derjenigen des Bohnerztones, sowie zwischen der Ablagerung des Bohnerztones und der unteren Süsswassermolasse sehr lange Zeiten verflossen sind, in denen anderwärts mächtige Schichtenkomplexe erzeugt wurden und im vorliegenden Gebiet Erosionen stattgefunden haben mögen, liegen alle Schichten vom Muschelkalk bis zur oberen Süsswassermolasse vollkommen konkordant übereinander, die tertiären Gesteine also parallel transgredierend auf dem Malm, als ob hier während der langen Dauer dieser Ablagerungen niemals irgend welche Dislokationen stattgefunden hätten. Solche Dislokationen, die aber mutmasslich das ganze Gebiet im gleichen Sinne betroffen haben, werden jedoch schon durch die Mannigfaltigkeit der Gesteinsschichten und der von ihnen eingeschlossenen Ueberreste von Organismen, sowie durch die vom westlichen Jura auffallend abweichende Facies und Mächtigkeit einzelner Formationen bewiesen.

Die quartären Kiesschotter und Moränen und die alluvialen, also jüngsten Aufschüttungen sind meist noch ganz lose.

Digitized by Google

Sie sind über und zwischen den Erosionsformen des Gebirges und der Abhänge diskordant transgredierend und in unregelmässiger Verteilung auf-, an- und eingelagert.

Der Scheitel des Gewölbes der tiefstliegenden Formation des Gebietes, des Muschelkalkes, liegt am höchsten auf der Westseite der Limmat und zwar am Westrand der Karte circa 500 M. ü. M., circa 250 M. westlicher im Hägelerwald, circa 520 M. ü. M. Von da senkt er sich sehr rasch ostwärts. In der Talsohle von Baden ist er schon wegen der Bedeckung des Gebietes mit quartärem Kies nicht wahrnehmbar. Bei der Fassung der Thermen hat man ihn nirgends angetroffen, ausser bei der Schwanenquelle mutmasslich den oberen Muschelkalkdolomit in einer Tiefe von circa 6,4 M. unter der Sohle des Limmatbettes. Auf der Ostseite der Limmat tritt der Muschelkalk nirgends mehr zu Tage. Die tiefsten Gesteinsschichten sind hier im Niveau von circa 355 M. bunte Keupermergel in steiler antiklinaler Schichtung mit zerrütteten, und diskontinuierlichem Kontakt der Antiklinalen, also mit Bruch des Gewölbescheitels. Sowohl nordwärts als südwärts dieses Gewölbekernes kommen Gypslager vor, die hier und ostwärts im oberen Teil des Keupers, so weit er vorhanden ist, zu liegen scheinen. Etwa 3 Kilometer östlich des Quertales der Limmat durch die Lägernkette, in den Gypsgruben von Ober-Ehrendingen, bildet der Keupergyps ein Gewölbe mit sekundärer Faltung, dessen Scheitel bis circa 650 M. ansteigt. Demgemäss ist anzunehmen, der Scheitel der Lägernkette steige von der Limmat bei Baden wieder erheblich ostwärts an. Von den Gypsgruben weg bis etwas östlich der Hochwacht scheint sein Niveau dasselbe zu bleiben, resp. nur wenig zu sinken; er senkt sich aber von da bis unmittelbar westlich von Regensberg sehr bedeutend, derart, dass dort nicht einmal mehr der Dogger im erodierten Gewölbekern (500 M. ü. M.) zu Tage tritt. Soweit das Städtchen Regensberg reicht, steigt zwar die Oberkante des Malms des Südschenkels des Gewölbes gegen Osten wieder etwas an, der Gewölbescheitel selbst fällt aber rasch unter die Moränen nördlich Dielsdorf (500 M.) hinab. Im Eschenberg, 3 Kilometer östlich des tiefsten Ostendes der Lägern, tritt sogar der Malm im Niveau der Talsohle (450 M.) nicht mehr zu Tage und noch 4 Kilometer östlicher liegt bereits die Meeresmolasse teilweise etwas unter diesem Niveau.

Obschon bereits Mousson (1840) bewiesen hatte, dass darin Ueberschiebungen stattgefunden haben müssen, und obschon auch Stutz (1864) von bedeutenden Unregelmässig-

Digitized by Google

keiten der Lagerungsverhältnisse gesprochen hatte, ist die Lägernkette bisher wenigstens in der lehrbuchmässigen populären Litteratur stets als Beispiel eines einfachen, typischen, wenn auch « aufgerissenen » Gewölbes citiert worden. Das ist zukünftig nicht mehr zulässig. Allerdings scheinen der Muschelkalk im Kern dieses Gewölbes auf der Westseite der Limmat und der Keupergyps in den Ehrendinger Gruben geschlossene Gewölbe ohne Umkippungen und Verwerfungen zu bilden. Allein die nachfolgend zu erwähnenden oberflächlich wahrnehmbaren Lagerungsstörungen deuten darauf hin, dass auch in der Tiefe der normal aussehenden Teile der Kette wesentliche Störungen vorkommen müssen. Im Nordschenkel des Malmes von den Steinbrüchen des Martinsberges, westlich der Limmat an sind bedeutende Knickungen, ja Verwerfungen erkennbar. Diese Knickungen sind auch am Hertenstein (im Tobel südlich und im Steinbruch östlich der Restauration) schön zu sehen. Der Nordschenkel der Kette steht nicht nur viel steiler, oft geradezu senkrecht (am Hertenstein), sondern ist auch scheinbar, d. h. erst in Folge Ausquetschung bei der Aufstauung viel weniger mächtig als der Südschenkel. Vom Geissberg an, resp. da, wo sein oberer Teil noch vorhanden ist, ist der Nordschenkel in der Regel stark nordwärts übergekippt, so z. B. im Steinbruch westlich des Höhtals und sogar noch in einem Steinbruch bei Unter-Lägern, südwestlich Süniken. Wo die Ueberkippung heute nicht mehr zu bestehen scheint, ist es vielleicht nur die Folge der Abtragung des übergekippten Teils durch Erosion d. h. davon, dass dort nur der untere Teil, der Fuss des Nordschenkels erhalten geblieben ist.

Nördlich Rieden ist diese Umkippung auch am Bohnerz und der unteren Süsswassermolasse nördlich des Malmes sehr schön entwickelt ; sie muss offenbar den zugehörigen Malm ebenfalls betroffen haben ; dieser ist aber hier entweder durch Erosion oder in Folge von Abscheerung entfernt. In den mit 467 und 482 bezeichneten Hügeln nördlich des Malms des Nordschenkels bei Rieden, und am Weg von der « Goldenen Wand » nach dem Dorfe Hertenstein liegen umgekippte und unregelmässig verbogene Schichten des obersten Malmes mit Bohnerz diskordant auf unterer Süsswassermolasse (wenigstens grossenteils) ohne Verbindung mit den tieferen Malmschichten. Sie sind als durch Faltungsüberschiebung von ihrer früheren tieferen Fortsetzung im Nordschenkel abgeschorene, nordwärts an ihre jetzige Stelle geschobene und nachträglich durch Erosion des die Ueber-

Digitized by Google

schiebung leitenden Gewölbescheitels isolierte « Ueberschiebungsklippen » zu betrachten.

Entsprechende Stadien einer derartigen Faltungsüberschiebung mit Abscheerung der höher aufragenden Teile des Nordschenkels, Ueberschiebung gegen Norden auf jüngere Formationen und spätere Isolierung durch Erosion sind ebenfalls zu finden: am Bollhölzli, am Sackhölzli, im Cementsteinbruch Ober-Ehrendingen und am Steinbuck. Im Sackhölzli erscheint unterer Dogger (besonders Murchisonae-, bedeckt von Sowerbyi-Schichten) auf Molasse und Malm, im Cementsteinbruch oberer Dogger und unterer Malm (Parkinsoni-, Varians-, wenig Oxford- und Birmensdorfer-Schichten) auf Effinger-Schichten diskordant und verwickelt gefaltet hinübergeschoben. Der über 30 M. mächtige obere Malm des Steinbucks ist in der Tiefe infolge Ausquetschung nur auf eine 1—2 Decimeter dicke Lage einzelner Brocken reduciert, also ebenfalls nahezu völlig abgeschoren und daher die Molasse in fast unmittelbaren Kontakt mit den Effinger-Schichten gebracht.

Mit diesen Lagerungsstörungen steht wohl im Zusammenhang, dass sogar noch im Eschenberg 4 Kilometer östlich des Ostendes der Lägern, die Schichten der unteren Süsswassermolasse im Nordschenkel Stauchungserscheinungen zeigen und steiler aufgerichtet sind, als diejenigen des Südschenkels dieses Ausläufers der Jurafaltung.

Als eine erhebliche Unregelmässigkeit im Nordschenkel der Kette erscheint auch die Lage der circa 35 Grad nordfallenden Schichten des mittleren und oberen Malms im Flüli zwischen Rieden und Häfeler. Das Westende des Malmes im Flüli erscheint um circa 400 M. nordwestlich des zugehörigen Ostendes des Malmes des Martinsberges verschoben, der doch seinerseits ohne diese Erscheinung als die unmittelbare Fortsetzung der Malmschichten des bei Rieden unter die Niederterrasse herabsinkenden Grates des Geissberges aufgefasst werden möchte. Diese Verschiebung erstreckt sich auch auf die nördlich zugehörige Molasse, was speziell an der Meeresmolasse zwischen Foren und Brenni erkennbar ist.

Ohne Zweifel bestehen im Einzelnen noch manche Unregelmässigkeiten. Deren sicherer Nachweis ist jedoch nur in sauberen Aufschlüssen möglich, wie z. B. eine in der Richtung des Fallens verlaufende kleine Verwerfung im Malm im Eisenbahneinschnitt westlich der Schadenmühle (Sprunghöhe circa 5 M., östlicher Flügel gesunken) und eine ähnliche im oberen Gypsbruch von Ehrendingen.

Digitized by Google

Aus dem Umstand, dass alle tertiären Schichten mit Einschluss der obersten Lage der oberen Süsswassermolasse von der Aufstauung und lokal auch von vorkommenden Ueberschiebungen betroffen worden sind, geht hervor, dass die Aufstauung der Lägernkette erst nach der Ablagerung der oberen Süsswassermolasse stattgefunden hat. Der Betrag der Aufstauung entspricht im Allgemeinen der Höhenlage des Scheitels der tiefsten Schichten im Kern der Kette. Die Aufstauung war also in den verschiedenen Teilen des Berges ungleich. Sie war am stärksten westlich der Limmat, geringer an der Stelle des Quertales der Limmat bei Baden, wieder etwas stärker von da bis zu den Gypsgruben von Ober-Ehrendingen, blieb von da bis zur Hochwacht ungefähr gleich und nahm von da bis zur jetzigen Talsohle bei Dielsdorf sehr bedeutend ab. Wie schon oben angedeutet, liegt die östliche Grenze der Aufstauung nicht schon am Ostende des Lägernberges bei Dielsdorf, denn südöstlich des Ostendes der Lägern am Schwenkelberg, am Kastell südwestlich Niederhasli, und im Eisenbahneinschnitt bei Hohrain südöstlich Niederhasli fällt die Meeresmolasse immer noch von 25—8 Grad abnehmend nach Süden. Der Betrag des Fallens nimmt ostwärts nur scheinbar d. h. deswegen ab, weil die östlichen Aufschlüsse von der Achse der Kette entfernter liegen, also mehr dem Uebergang der Schichten in die horizontale Lagerung am Fuss des Südschenkels angehören. Der Eschenberg, 4 Kilometer östlich Dielsdorf, gehört ebenfalls noch zur Lägernkette, denn er besteht aus einem deutlichen schiefen Gewölbe von unterer Süsswassermolasse und sogar bei Winkel, circa 8 Kilometer östlich Dielsdorf, erkennt man auch in der Meeresmolasse antiklinale Lagerung mit circa 25 Grad südwärts geneigtem Südschenkel. Die Lägernfalte verflacht erst in grösserer Ferne weit ausserhalb des Kartengebietes unter der oberen Süsswassermolasse im ostschweizerischen Molasseland.

Aus der Uebereinstimmung der Gesteinsbeschaffenheit der Molasse nördlich und südlich der Lägernkette geht hervor, dass die Molasseschichten ursprünglich auch dazwischen, also da abgelagert worden sind, wo sich jetzt die höchsten Kämme der Lägern erheben, wo aber die Molasse heute gänzlich fehlt.

Wenn also die in der Gegend der jetzigen Lägernkette ursprünglich abgelagerten Gesteinsschichten erhalten geblieben wären, würde der Berg nicht nur da, wo es jetzt der Fall ist, und zwar an dieser Stelle weit höher als jetzt,

Digitized by Google

sondern auch bis über den Eschenberg und Winkel hinaus sich über das nördliche und südliche Molasseland als langgestreckter Höhenzug erheben. Dieser Höhenzug würde schon anfänglich an der Stelle des jetzigen Limmattales bei Baden eine wohl markierte Einsenkung gezeigt haben, von der Hochwacht bis Dielsdorf sehr rasch abgesunken sein und sich von da gegen das östliche Molasseland nur allmälig abgeflacht haben. Eine solche Lägern kann man sich zwar theoretisch vorstellen, sie würde, entsprechend der weiteren Aufwölbung des Malmes zum Gewölbescheitel und der Ueberwölbung desselben mit den mächtigen Schichten der Molasse wohl mehrere hundert Meter höher und imposanter gewesen sein als heute. Allein eine solche Lägern hat wohl nie existiert, denn mit der Aufstauung des Gebirges hat gewiss auch sofort dessen Erosion begonnen und die obersten Schichten zuerst abgetragen. Inwieweit seither die einzelnen Formationen und speziell die Molasse noch am Aufbau des Berges, und der obere Malm an der Gestaltung des Lägerngrates beteiligt sind, ist aus der geologischen Karte zu entnehmen.

Der Scheitel der Lägernkette ist da am tiefsten entblösst, wo die Aufstauung den höchsten Betrag erreicht, wo also mutmasslich die Aufstauung und mit derselben auch die Erosion begonnen und am längsten gewirkt hat. Westlich Baden sind die Formationen bis auf den Muschelkalk hinab erodiert, von Baden bis zu den Ehrendinger Gypsgruben bis in den Keuper. Von da ostwärts drang die Erosion sion abnehmend immer weniger tief hinab, derart, dass der Lias schon in den Scheuerwiesen, die Opalinusschichten bei Rütenen, der mittlere und obere Dogger unter der Trümmerhalde des Bann westlich Regensberg, von jüngeren Formationen bedeckt erscheinen. Bei Regensberg ist die Erosion nur noch bis zum Malm hinabgelangt. Oestlich von Dielsdorf ragen ältere als tertiäre Gesteine nicht einmal mehr über das Niveau der Talsohle hinauf. Oestlich Süniken ist der Nordschenkel, östlich Dielsdorf auch der Südschenkel der Lägernkette, soweit er über die Talsohle aufragen würde, resp. 8 Kilometer weit, mit Ausnahme des Eschenberges, erodiert. Dieser charakteristisch, nicht wie die Lägern von Ost nach West, sondern von Süd nach Nord, in der Richtung des dortigen Tales langgezogene, bloss aus unterer Süsswassermolasse bestehende, circa 40 M. hohe Hügel erscheint als ein ringsum durch Erosion isolierter Rest der Kette, in dem nur die obere Süsswassermolasse und die

Digitized by Google

Meeresmolasse abgetragen sind. In dem kleinen Hügelchen « Güh », 1 1/2 Kilometer östlich der Ostgrenze der Karte, wurde früher im Niveau von circa 440 M. ü. M. in 25 Grad südwärts geneigten Bänken von Meeresmolasse, also noch im ausgesprochenen Südschenkel der Kette ein Steinbruch betrieben. Die Bänke treten nur auf einem beschränkten Gebiet zu Tage und sind ringsum von Niederterrasse, resp. Moräne überdeckt.

So ist denn die heutige Gestalt der Lägernkette erstens durch deren Aufbau, zweitens durch deren Aufstauung und drittens durch Erosion bedingt. Da letztere an den weichen Gesteinen der beiden Süsswassermolassen, der Badener-Schichten, des untersten Malmes, des Doggers, des oberen Lias und des Keupers tiefer vordringen konnte, treten die schwerer verwitterbaren Gesteine, die festen Bänke der Meeresmolasse, einzelne Sandsteinschichten der unteren Süsswassermolasse und die Kalksteine des oberen und mittleren Malmes, der Murchisonaeschichten, des Gryphitenkalkes, des Keuperdolomites und des Muschelkalkes zwischen den vorhin genannten Formationen, deren Lage den sanften mit saftigen Wiesen bewachsenen Abhängen und den Vertiefungen der Gegend entspricht, als Felsbänder, Kanten und Kämme hervor.

Die Lägernkette wird durch das Limmattal bei Baden in zwei Teile zerschnitten: einen westlichen und einen östlichen:

a. Der westliche Abschnitt.

Er kommt vom Juragebirge westlich der Aare her über die Habsburg, Schambelen, (hier von der Reuss durchschnitten), bildet einen breiten, über den Petersberg und Stoffelberg verlaufenden Rücken, der gerade am Westrand des Kartengebietes steil ostwärts absinkt und durch ein vom Eichttal zu den Kappelerhöfen hinabziehendes Quertälchen unterbrochen wird, in der Opfenau wieder ein kurzes schiefes Plateau bildet, dessen Ostende steil ins Tal der Limmat bei Baden abfällt. Entsprechend dem antiklinalen Bau des Bergzuges und der mächtigen Entwicklung der harten Bänke des mittleren Malmes treten an ihm zwei deutliche Kanten hervor, von denen die eine den Südrand, die andere den Nordrand des Bergrückens bildet, und an die sich die Molasse je in ebenso steiler, am Fusse des Abhangs sanfter werdender Böschung isoklinal anlegt. Das Ostende der nördlichen Kante bildet den Martinsberg, dessen Fels-

Digitized by Google

bänder gegenüber Rieden plötzlich zur Limmat hinabsteigen; die südliche Kante bildet den Hundsbuck; auf seinem Ostende stehen das Belvedere und die Schlossruine, der « Stein, » unter dem der Tunnel durchführt. Auch die nördliche Kante fällt von da rasch zur Limmat bei der oberen Brücke ab. Durch das Vortreten der beiden Kanten ostwärts gegen das Limmattal erhält das Ostende dieses Bergzuges eine amphitheatralische, hufeisenförmige Gestalt.

Der Südschenkel des mittleren Malmes ist im ganzen gleichmässig, doch immerhin mit wellenförmigen Biegungen, die z. B. von der Schadenmühle zum Hundsbuck sich mehrfach wiederholen, 30—50 Grad gegen Süden geneigt. Im Steinbruch westlich des Bahneinschnittes ist darin die oben erwähnte Verwerfung wahrzunehmen, die mutmasslich bis auf den Grat fortsetzt und wohl nicht die einzige sein mag.

b. Der östliche Abschnitt.

Er ist weit ausgedehnter als der aufs Kartengebiet fallende westliche Abschnitt und verdient als das Ostende des ganzen Juragebirgszuges überhaupt ein besonderes Interesse. Zu seinem Nordschenkel gehören: das Flüli (410 M.) nordwestlich Rieden und der Geissberg (588 M.) von Rieden bis zum Höhtal, nebst den beiden Hügelchen, nördlich der « Goldenen Wand, » die auf der Karte mit 467 und 482 bezeichnet sind. Da sie sich an die nördlichen Molassehügel anlehnen und sogar von diesen überhöht werden, während südlich derselben das Höhtal, ein tiefes, östliches, longitudinales Seitentälchen des Limmattales gelegen ist, werden diese Stücke der nördlichen Antiklinale vom Laien mit Unrecht als nicht zum übrigen östlichen Jurazug gehörig angesehen.

Den grössten Teil des östlichen Abschnittes bildet « die Lägern » (im Volksmund « der Lägern » genannt). Auch an der Lägern sind die beiden antiklinalen Schenkel des mittleren Malmes durch Erosion zu zwei wohlmarkierten Felskanten modelliert. Wie im Allgemeinen im ganzen Jura überragt auch in der Lägern der Südschenkel der Falte den Nordschenkel wesentlich, und endigt oben in ein hohes nordwärts steil abfallendes Felsband, den Grat, der die Gestalt des ganzen Berges dominiert. Er schwingt sich von der Limmat bei Baden aus einem Niveau von circa 355 M. ü. M. zunächst steil zur Scharte auf (469 M.), erhebt sich weiter in einer Distanz von $2\,^1/_2$ Kilometer zum Gugel (801 M.), nach wieder $1\,^1/_2$ Kilometer zum Burghorn (863 M.) erhält sich etwa 3 Kilometer lang fast auf gleicher Höhe bis circa

Digitized by Google

300 M. östlich der Hochwacht (858,7 M.) sinkt dann 1 Kilometer weit erst langsam bis auf 780 M. dann auf einer Strecke von 1200 M. rasch bis 597 M. am mutmasslich künstlich vertieften Passweg westlich Regensberg, erhebt sich nochmals auf 617 M. und fällt dann nach nochmaliger Bildung eines Absatzes östlich Regensberg (550 M.) zur Talsohle bei Dielsdorf auf das Niveau von 430 M. hinab.

Die nördliche Antiklinale des Malmes ist die Fortsetzung des Geissberges. Sie bildet nach einer kurzen Unterbrechung durch das Höhtal den Grat des « Bollhölzli » (520 M.), wird neuerdings durch das Erosionstälchen südlich Ober-Ehrendingen unterbrochen, steigt dann zum Steinbuck (648 und 661 M.) an, ist ostwärts wieder mehrmals von kleinen Schluchten unterbrochen, bildet den Riedenbuck und den Heurain, bleibt bis nördlich der Hochwacht in einer Höhe von 650—700 M., sinkt hierauf bis zur Strasse, die von Regensburg nach Schöfflisdorf führt, auf 570 M. und bricht dann fast plötzlich gegen Süniken ab (circa 500 M.).

Der Südschenkel der Kette ist auch an der Lägern ziemlich gleichmässig 40—50 Grad, lokal bis 60 Grad, südwärts geneigt. Die Böschung des Berges wird abwärts teils durch Abnahme der Steilheit des Fallens der Schichten, teils in Folge von Anlagerung von eocänem Bohnerz (wenige Meter mächtig) und sehr mächtiger Wechsellagerungen von Mergel und Sandstein der unteren Süsswassermolasse allmälig sanfter. Auf dem Grat selbst stehen die Schichten des Malmes lokal senkrecht und fallen sogar an einigen Stellen zwischen Gugel und Burghorn, sowie westlich der Ruine « Schloss Lägern » nordwärts. Ihre nördlichen Steilabstürze und Fluhbänder gehen tiefer in ein weniger steiles bewaldetes Gehänge und noch tiefer in eine 7—15 Grad geneigte mit saftigen Wiesen bedeckte Fläche über, die zur nördlichen Malmkante absinkt.

Dieser Darstellung entsprechend endigt die Lägern im Osten mit zwei Gräten, einem nördlichen Grat, südlich Süniken, und einem circa 1300 M. weiter ostwärts vorragenden südlichen Grat bei Dielsdorf. Die Antiklinale ist am Ostende auch insofern nicht geschlossen, als der Gewölbescheitel des mittleren und oberen Malmes und selbstverständlich auch der Molasse, resp. der früheren Verbindung der tertiären Sandsteine und Mergel des Nord- und Süd-Abhanges der Lägern in Folge von Erosion auch hier noch gänzlich fehlt. Ob die beiden Schenkel der Antiklinale am Ostende des Nordschenkels wirklich ein Gewölbe bilden, oder ob sie in einer

Digitized by Google

Kluft mit Verwerfung zusammenstossen, resp. ob der Scheitelbruch der Lägernkette bis hieher fortsetzt, ist leider nicht erkennbar. Von Dielsdorf bis Winkel (circa $2^1/_2$ km. östlich des Kartengebietes), wo die Falte sich allmählig verflacht, ist die östliche Fortsetzung der Lägernkette bis unter die Talsohle hinab erodiert und von diluvialen und alluvialen Ablagerungen überdeckt, aus denen nur der kleine Molassehügel Eschenberg (in der Richtung der Kette auf eine Strecke von 600 m.) als Zeuge der unterirdischen Verlängerung derselben aufragt.

2. Das Gebiet der Flexur bei Ober-Endingen.

Von Brugg über Rein und Würenlingen tritt der südöstliche, circa 30 Grad südwärts geneigte Schenkel einer Flexur in die nordwestliche Ecke des Kartengebietes ein. Die « gehobene Tafel » dieser Flexur ist die östliche Fortsetzung desjenigen Teils des Tafeljura, zu dem der Geissberg bei Villigen gehört; er geht nordöstlich des Gebietes in die schwach südwärts geneigte Tafel des « Schwäbischen Jura » über. Im Kartengebiet selbst ist die Tafel durch Erosion zerstört und die so erzeugte Vertiefung von quartären Ablagerungen bedeckt. Vom « Hörnli » sinken die durch Erosion blossgelegten Schichten des oberen, mittleren und unteren Malmes südwärts zur Talsohle in Endingen hinab. (Um sie später kurz citieren zu können, wollen wir sie die « Endinger Flexur » nennen). Sie sind ostwärts von eocänem Bohnerzton und von den Sandsteinen, Nagelfluhbänken und Mergeln der Meeres- und der oberen Süsswassermolasse bedeckt und überhöht.

In der Talsohle östlich von Endingen gehen die Schichten des Verbindungsschenkels in horizontale Lagerung über und bilden den flachen Boden einer Mulde, die « gesunkene Tafel », deren oberjurassische Schichten sich noch über einen Kilometer weit bis zum jüdischen Begräbnissplatz auf beiden Ufern der Surb erkennen lassen. Sie schiessen unter das östliche und südliche Molasseland ein, ziehen sich darunter durch und stehen mit dem Malm des Nordschenkels der Lägernkette in Verbindung.

3. Das Molasseland.

An dessen Aufbau beteiligen sich vom unterliegenden horizontalen Malm an : Der eocäne Bohnerzton, die untere

Digitized by Google

Süsswassermolasse, die Meeresmolasse, die obere Süswassermolasse, der « ältere » und der « jüngere Deckenschotter » und die Moränen der späteren Eiszeiten.

Wir haben im Molasseland folgende Gebiete zu unterscheiden:

a) Eine nördliche Mulde zwischen der Endinger Flexur und der Lägernkette (« Lengnauer Mulde »).

b) Eine südliche Mulde zwischen dem Juragebirgszug, also hier zwischen der Lägernkette und den weiter südwärts gelegenen Alpen, die sogenannte « mittelschweizerische Hochebene ». Von dieser fällt nur ein verhältnismässig kleiner Teil in das Kartengebiet. In diesem Teile ist in einer geringen Entfernung von kaum $2^1/_2$ Kilometer südlich des Jura eine Falte, Antiklinale, zwar nicht an der heutigen Terraingestaltung, aber an der Lagerung der Schichten deutlich erkennbar, deren Scheitel über « Oberforst », Neuenhof und Würenlos hinzieht, aber bis auf die untere Süsswassermolasse erodiert ist (« Neuenhofer Antiklinale »). Sie ist mutmasslich eine Fortsetzung der Antiklinale des Kestenberges. Ihr Nordschenkel zeigt südlich des Seminars Wettingen eine Neigung von 40 Grad gegen Nordosten, der Südschenkel in einem verlassenen Steinbruch im Buchwald bei Fislisbach 30 Grad nach SW. In der Mulde zwischen dem Jura und dieser Falte (« Wettinger Mulde ») ist westlich der Limmat in Folge Erosion keine obere Süsswassermolasse und kein Muschelsandstein mehr zu finden. Oestlich der Limmat ist die Mulde zwischen der Antiklinale und der Lägern breiter, die Antiklinale selbst flacher. Hier sind an den bei der spätern Erosion übrig gebliebenen Molassehügeln auch noch die Meeresmolasse und die obere Süsswassermolasse erhalten.

Aus der Uebereinstimmung der Natur und Lage der Schichten der Molasse in den einander benachbarten Bergen und Hügeln geht hervor, dass dieselben früher einmal ein zusammenhängendes Ganzes gebildet haben, das in den Mulden, wo die Schichten horizontal liegen, die Gestalt eines flachen Tafellandes besessen haben muss. Ueber dieses Tafelland wird im Nordwesten der Südrand der Endinger Flexur resp. des nördlichen Tafeljura, in der Mitte des Gebietes die Lägernkette und südlich derselben die « Neuenhofer Antiklinale » emporgeragt haben. Die Molasseschichten dieses Tafellandes sind heute nicht mehr ganz erhalten.

Auf dem Tafelland finden wir aus alpinen Gesteinen bestehende Schotter ausgebreitet, die jetzt mehr oder weni-

Digitized by Google

ger zu löcheriger Nagelfluh verkittet sind. Diese Nagelfluh zeigt sowohl in Bezug auf ihre Unterlage als auf ihre Oberfläche zwei verschiedene Höhenlagen. Demgemäss ist anzunehmen, die Schotter der höheren Nagelfluh seien zuerst abgelagert worden, nachdem vorher die Molasse bis auf das Niveau der jetzigen Unterlage der Schotter zu einem wie diese Unterlage schwach nordwärts geneigten Tafelland erodiert worden war, auf dem die Schotter mutmasslich eine anfänglich zusammenhängende, ebenfalls nordwärts geneigte Ebene gebildet haben werden. Erst später, nach einer teilweisen weiteren Erosion der Molasse und des darauf liegenden « älteren Deckenschotters » werden die Schotter der tieferen Nagelfluh, des « jüngeren Deckenschotters » auf der neuerdings vertieften, ebenfalls schwach nordwärts geneigten Erosionsfläche wieder als eine zusammenhängende Masse abgelagert worden sein. Aus diesem Tafelland sind dann durch eine spätere, mächtige Erosion die jetzigen Täler ausgewaschen und die dazwischen übrig gebliebenen Hügel modelliert worden. Hierbei haben diejenigen Berge, deren Deckenschotter nicht erodiert wurde, die tafelförmige Gestalt ihrer Hochfläche beibehalten. Durch diese Erosion wurden zugleich nicht nur die über das Tafelland hervorragenden Teile der Endinger Flexur die Lägernkette, und die Neuenhofer Antiklinale erniedrigt, sondern auch die Lägernkette bei Baden quer durchsägt. Letzteres war nur möglich, indem die Erosion gleichzeitig mit der Aufstauung begann und die Aufstauung so langsam stattfand, dass die Erosion mit derselben Schritt halten konnte. Die Stelle, wo das Quertal der Limmat die Lägernkette durchbricht, fällt mit der schon früher erwähnten Einsenkung des Gewölbescheitels und einer horizontalen Transversalverschiebung im Nordschenkel der Kette zusammen. Das deutet auf eine ursächliche Beziehung hin. Eine ähnliche Beziehung besteht wohl auch zwischen der Erosion der Talsohle östlich Dielsdorf und dem raschen Einsinken des Scheitels der drei östlichen Kilometer der Lägernkette.

Wo im Molasseland die Deckenschotter erhalten geblieben sind, besitzen die oberen Teile der Berge jetzt noch die Gestalt im Umriss unregelmässig begrenzter Tafeln mit von quartärer Nagelfluh gebildeten Steilabfällen an der Oberkante. Wo später noch mächtige Ablagerungen von Gletscherschutt auf den Hochflächen stattgefunden haben, oder wo die Erosion unter den Deckenschotter hinabgedrungen ist, ist die Gestalt der Berge durch diese späteren Umstände

Digitized by Google

bedingt. Hier treten die harten Bänke des Muschelsandsteins, einzelne harte Schichten der oberen und unteren Süsswassermolasse und tertiärer Nagelfluh und Süsswasserkalkes aus den sonst sanften Gehängen als Felsbänder und Kanten hervor.

Man darf behaupten, dass die Menge des Materials, das hiebei weggespült worden ist, dem Volumen des die jetzigen Talsohlen überragenden Restes mindestens gleich sei, ja dasselbe, wenigstens im östlichen Gebiet der Karte, mehrmals übertreffe. Im westlichen Teil haben die widerstandsfähigen Bänke der Juraformation die in der Nähe liegenden weichen Gesteine der Molasse teilweise vor Zerstörung geschützt; im Osten fehlt dieser Schutz.

4. *Die Erosionsreste der Hochterrasse, die Moränen der grössten Vergletscherung, die Wallmoränen und Kiesterrassen der letzten Eiszeit, die alluvialen Talböden und die Schuttkegel der Seitenbäche.*

Aus dem Umstande, dass die Hochterrasse den tieferen Teilen der Abhänge angelagert ist und dass die Moränen die übrigen Formationen auch da überlagern, wo dieselben erst später durch Erosion blossgelegt worden sein können, geht hervor, dass diese Ablagerungen erst nach der Zeit stattgefunden haben, nachdem das Land bereits durch die Erosion, so wie es heute gestaltet ist, aus den älteren Formationen modelliert worden war. Die Wallmoränen bilden in den östlichen Tälern hufeisenförmig talabwärts gekrümmte Höhenzüge; die seitlichen Verlängerungen dieser Querwälle steigen an den Abhängen der benachbarten Hügel talaufwärts an, sind mehr oder weniger deutlich mit den Moränen der benachbarten Täler in Verbindung und bezeichnen die Grenzen der Ausdehnung der Gletscher, von denen die Wälle als Endmoränen abgesetzt worden sind.

Durch diese Wallmoränen sind im Furttal, Surbtal und im Tal von Nöschikon nach Stadel Wasserscheiden erzeugt worden, welche die betreffenden Talbäche zwangen, eine der früheren entgegengesetzte Richtung einzuschlagen, und auf einem Weg, der bereits durch Erosion ausgetieft war, sich in einen anderen Hauptfluss zu ergiessen. In Folge dessen fliessen die Abwasser des Katzensees jetzt in der Regel nicht mehr durch das Furttal der Limmat, sondern der Glatt zu. Umgekehrt wurden die Gewässer des Wentales von Schöfflis-

Digitized by Google

dorf bis Niederweningen, die der Glatt zufliessen würden, wenn die Moränen oberhalb Schöfflisdorf nicht da wären zum Abfliessen durch das Surbtal genötigt. Vielleicht war das breite, jetzt fast wasserlose Tal von Nöschikon über Windlach rheinwärts früher das untere Glatt-Tal. Das jetzige enge untere Glatt-Tal ist offenbar jünger und daher noch nicht so weit erodiert. Die im früheren Glatt-Tal bei Neerach und Stadel abgesetzten Wallmoränen haben auch die Glatt gezwungen, einen andern Weg zum Rhein einzuschlagen, der vorher bereits durch die Erosionsrinne eines dortigen Baches teilweise vorgezeichnet gewesen sein mag. Der mittlere Abschnitt des alten Glatt-Tales resp. die Vertiefung mit dem jetzt fast ausgetrockneten Stadlersee ist durch Moränen ganz abgesperrt und findet weder nordwärts noch südwärts einen oberirdischen Abfluss.

Die ausserhalb der Wallmoränen gebildeten Kiesböden der Niederterrasse, sind bisher in diesem Gebiet noch wenig erodiert und modelliert worden. Bei der Vertiefung ihres Flussbettes hat die Limmat bei Wettingen, Seminar, ihr älteres tiefstes Bett, das wohl zwischen dem Sulzerberge und dem Bahnhof von Wettingen gelegen gewesen sein mag, nicht mehr gefunden und sich längs des Nordfusses des Heitersberges in der Molasse ein neues Bett ausgefressen, in das sie seither dort gebannt geblieben ist.

Innerhalb der Moränen ist der Talboden in Folge der ungenügenden Drainierung, resp. weil die Erosion noch nicht so weit eingedrungen ist, noch meistens eine sumpfige Ebene in der sich da und dort wenig mächtige Torflager gebildet haben.

Am Ausgang fast aller Seitentälchen haben die zum Teil nur zeitweise fliessenden Bächlein charakteristische Schuttkegel aufgeschüttet, deren Basis das frühere Niveau der Aufschüttung der Talböden mit Niederterrasse vor dem Beginn der jetzigen Erosion bezeichnet.

D. Die Bergrutsche.

Die mergelige Beschaffenheit der Opalinustone hat im Innern der Lägernkette, die Undurchlässigkeit der Mergel der Badenerschichten unter den zerklüfteten durchlässigen Wettingerschichten am Südabhang der Lägernkette Bergschlipfe veranlasst, von denen derjenige bei Wettingen,

Digitized by Google

Dorf, westlich des Gugel, der bedeutendste ist. Der westliche Teil dieses Schlipfes ist offenbar durch die tiefer anstehenden Schichten der Molasse aufgehalten worden und bildet die schwach geneigte Terrasse des Bussberges bei Wettingen. Eine ähnliche Gestaltung und Entstehung kommt der Ballebern bei Boppelsen zu, die mit etwas Moräne gekrönt ist. Auf der Nordseite der Lägern verdient der Trümmerhügel des Hitzbühl östlich Ehrendingen Erwähnung, da er aus lauter losen Brocken von Malm besteht und doch ohne verbindende Trümmerreste fast 1000 M. vom nächsten anstehenden Schichtenkomplex von anstehendem Malm, von dem er abgerutscht sein könnte, entfernt ist. Er ist offenbar ein Erosionsrest eines vormaligen grossen Rutsches, oder einer Ueberschiebungsklippe, oder einer durch Gletscher hieher gebrachten Trümmerhalde. Letzteres wäre wohl möglich, da die Moränen südlich hievon am Nordabhang der Lägern eine mindestens noch 170 M. höhere Erhebung der Gletscher beweisen.

Von den steilen Kalkbänken des Südabhanges und den Felsbändern des Nordabhanges der Lägern her sind an den tieferen Abhängen charakteristische, teilweise mächtige Trümmerhalden entstanden (« Steinböden » am Südabhang der Lägern). Auch die Deckenschotter des Molasselandes sind an mehreren Stellen zum Teil in zusammenhangenden Komplexen in die Tiefe gesunken und zwar jeweilen da, wo darunter hervortretende Quellen die Nagelfluh unterspült und die darunter liegenden Molassemergel weich und schlüpferig gemacht haben mögen. An weit mehr Stellen sind auf solche Weise beträchtliche Schutthalden entstanden, so namentlich in der Umgebung von Bachs, Schöfflisdorf, Nussbaumen, Lengnau, Schneisingen und Siglisdorf (diese an der Mitte des Nordrandes des Kartengebietes).

E. Die Quellen.

Dem Umstande entsprechend, dass der Kies der Nieder- und Hochterrasse und der beiden Deckenschotter, sowie die Sandsteine der Molasse wegen ihrer Porosität, die Kalkbänke des oberen und mittleren Malmes, der Murchisonæschichten, des Gryphitenkalkes und des Muschelkalkes wegen ihrer Zerklüftung für Wasser durchlässig sind, treten Quellen in der Regel nicht an deren Oberfläche, sondern auf den darunter liegenden undurchlässigen Mergelschichten her-

Digitized by Google

vor. Schöne Quellen liefern namentlich die Deckenschotter je an den Abhängen, gegen welche ihre undurchlässige Unterlage geneigt ist. Die Quellen, die da zu erwarten wären, wo die Niederterrasse und die ausgedehnten Kalkschichten des Malmes vom Talweg in tiefster Lage durchschnitten werden, treten fast nirgends oberflächlich sichtbar auf, sondern fliessen den Gewässern der Talsohle naturgemäss unterirdisch zu.

Aus dem mutmasslichen Scheitelbruch des Muschelkalkes, der sich unter dem Limmatbett zwischen den « Grossen » und « Kleinen Bädern » von Baden durchzieht, steigen viele starke 47—48° warme Quellen auf, die sich ausserdem durch ihren Gehalt an Kochsalz, Gyps und Bittersalz, sowie an freier Kohlensäure und Stickstoff auszeichnen und deren Heilkraft sehr geschätzt wird. Bei dem kleinen Masstab der Karte, der sonstigen dortigen Einzeichnung von Häusern, und der grossen Zahl der Thermen konnten die Quellen nicht einzeln angegeben werden. Das Gebiet ihres Vorkommens ist durch schräg gekreuzte Schraffen bezeichnet.

F. Stratigraphie.

1. Neuere Bildungen (Alluvium).

Künstliche Auffüllungen. Feine braune Punkte auf weissem Grund.

Eisenbahndämme, Wälle vorzeitlicher « Heidenschanzen », Schuttmassen der Steinbrüche und Abraum von Ortschaften.

Tiefste Talsohle. Weisser Grund.

Anschwemmungen, deren Natur durch die Natur des Einzugsgebietes und das Gefälle der betreffenden Gewässer bedingt ist. Ueberschwemmungsgebiet des Furttales.

Schuttkegel der Seitenbäche. Braune Striche auf weissem Grund.

Anschwemmungen von Gesteinen und Schlamm aus den betreffenden Seitentälchen.

Tuff. Rote Punkte auf weissem Grund.

Kalkabsätze von Quellen.

Torf. Grobe braune Punkte auf weissem Grund.

Von geringer Ausdehnung und Mächtigkeit im Furt-Tal und zwischen Nöschikon, Dielsdorf und Neerach. Teilweise bereits ausgebeutet.

Digitized by Google

Trümmerhalde. Grobe blaue Punkte auf weissem Grund.
Sie wird nur an solchen Stellen angegeben, wo sie ausgebeutet wird oder wo der anstehende Fels nicht erkennbar ist.

Bergrutsch. Feine blaue Punkte auf weissem Grund.

Verschleppte Blöcke. Schiefe rote Kreuzchen.
Von der Limmat unterhalb Würenlos verfrachtete alpine erratische Blöcke; und unterhalb Baden verfrachtete grosse Malmblöcke vom Nordschenkel der Kette und aus den oberen Lagen der Niederterrasse.

2. Glaciale Schotter (Quartär).

Niederterrassenschotter. Hellgrün.
Kiesablagerungen in den Talsohlen.

Moränen der letzten Eiszeit. Entfernte braune Punkte auf hellgrünem Grund.
Quer- und Längs-Moränen aus Grundmoränen-Material innerhalb der Linie Würenlos, Regensberg, Schöfflisdorf, Stadel, etc.

Kämme von Wallmoränen. Dichte braune Punkte auf hellgrünem Grund.

Löss. Rote Punkte auf olivenfarbigem Grund.
Brauner Sandlehm, zum Teil mit kleinen Schalen von Landschnecken, grösstenteils verlehmt.

Erratische Blöcke. Aufrechte rote Kreuzchen.
Meist Gesteine des Flussgebietes der Limmat, aber auch solche des Rheines und nach Angabe von A. Escher v. d. Linth auch solche der Reuss.

Moränen der grössten Vergletscherung und eventuell ältere Moränen. Grobe blaue Punkte auf hellgrünem Grund.
Grundmoränen, seltener Randmoränen mit Blöcken, ausserhalb und oberhalb der Wallmoränen der letzten Eiszeit.

Hochterrassenschotter. Oliv.
a) Kieslager, die oft locker zu Nagelfluh verkittet und oberflächlich erodiert sind, deren Basis höchstens 40 Meter über der benachbarten Talsohle liegt. (Hochterrasse im Sinne der meisten Autoren sowohl dem Alter als der Natur der Kiesschichten nach).
b) Mutmasslich gleichzeitig entstandene, sandig-lehmige, durch spätere Erosion terrassierte Anschwemmungen in

Digitized by Google

Seitentälchen, also Bildungen von gleichem Alter wie die obigen Hochterrassenschotter, ohne doch Kiesbänke zu sein.

N.B. Die innerhalb der äussersten Endmoränen der letzten Eiszeit gelegenen, teilweise verkitteten und von Moränen bedeckten Kiesbänke glaubte ich als Erosionsreste von Hochterrasse deuten zu sollen.

Tieferer, jüngerer Deckenschotter. Hellbräunlichgelb mit roten Punkten von roten Strichlein umrandet.

Kieslager, zum Teil zu Nagelfluh verkittet, auf dem Niveau von 450—590 M. ü. M., mit Geröllen des älteren Deckenschotters. Kreuzliberg und Tannwald südlich Baden, Sulzerberg, Krähstel südlich Dielsdorf, Hohrain, Balm und Roshalde nordwestlch Bachs.

N.B. Möglicherweise gehören die Kieslager des Fisibachtales im Niveau von 450—500 M. zur Hochterrasse.

Höherer älterer Deckenschotter. Hellbräunlichgelb.

Kieslager, meist zu Nagelfluh verkittet im Niveau von 550—680 M. ü. M. ohne Gerölle von diluvialer Nagelfluh. (Stadlerberg, Egg, Schneisinger Bowald, Gländ, Kreuzliberg und Mosacker bei Kilwangen, Berg und Wildstock südlich Regensberg.

3. Tertiär.

Ober-Miocän. Obere Süsswassermolasse. Hellgelb.

Mergel und meist glimmeriger Sandstein, in den untern Teilen lokal Lagen von Kieseln.

Mittel-Miocän. Meeresmolasse. Hellgelb mit roten Punkten.

Meist grobkörnige, schwarzpunktierte, harte Sandsteinbänke mit Austern, Haifischzähnen und zahllosen Abdrücken von *Cardium commune*. Die oberste Lage ist häufig nagelfluhartig. Die Gerölle dieser Nagelfluh, meist Kiesel, sind oft spiegelglatt und mit feinen Rutschstreifen versehen, häufig auch zerfressen oder fein weiss punktiert, oder an hervorragenden Stellen mit einzelnen grösseren weissen Druckstellen, zuweilen auch mit Eindrücken von anstossenden Geröllen versehen.

Unter-Miocän. Untere Süsswassermolasse. Dunkelgelb.

Rote, braune und gelbe Mergel und grünliche mergelige Sandsteine.

Eocäner Bohnerzton. Dunkelgelb mit roten Punkten.

Gelbe, rote und braune Tone mit Bohnerzkörnern.

Digitized by Google

4. *Jura.*

A. Malm.

Wettingerschichten. (**Kimeridge.**) Preussischblau.

Oben gelber, dichter splitteriger Kalk mit kugeligen Feuersteinknollen voll *Rhynchonella trilobata Ziet.* und *Terebratula suprajurensis Th.*; darunter dichte feste Kalkbänke mit verkieselten Petrefakten; zum Teil klotzige Schwammkalke, die auch lokal die vorgenannten Schichten unterbrechen. Sie bilden die südliche Kante des Lägerngrates resp. die daraus durch Erosion modellierten Felspartien und sind auch im ganzen Nordschenkel der Kette vom Martinsberg bis zum Pflasterbach bei Süniken leicht nachzuweisen. *Rhabdocidaris maxima* Mü. und *nobilis* Mü., *Ammonites Holbeini* Opp.

Badenerschichten. (**Unteres Kimeridge und oberes Sequan.**) Preussischblau mit braunen Punkten.

Meist Mergel und mergelige Kalkbänke, lokal durch klotzige Schwammbänke ersetzt, reich an Petrefakten: Schwämme, Seeigel, Seelilienstengelglieder, *Holectypus Mandelslohi* Des., *Rhynchonella lacunosa* Schl., *Ammonites tenuilobatus* Opp., *polypocus* Rein., *acanthicus* Opp.

Wangener- und Crenularis-Schichten (**Sequanien**). **Geissbergschichten** (**Oberes Argovien**).

Kalkbänke von ziemlich gleichförmiger Beschaffenheit, wohl geschichtet, mit mergelig-schieferigen dünnen Zwischenlagen. Einzelne oberste Bänke bei Rieden und Baden, von circa 10 Cm. Mächtigkeit, sind förmliche Breccien von Stengelgliedern des *Balanocrinus subteres* Goldf., die übrigens auch in unteren Lagen zerstreut vorkommen. Die Kalke sind bei Regensberg grossenteils von Spongien fleckig. Spongien finden sich lokal in bestimmten Horizonten in den mergeligen Zwischenschichten. Diese Kalkbänke bilden den konstanten Teil des Lägerngrates und sind, mit Ausnahme einzelner, besonders der oberen Lagen, arm an Petrefakten.

Effinger- und Birmensdorferschichten. (**Unteres Argovien.**). Dunkel preussischblau.

Blaugraue Mergel und helle dünnschichtige Tonkalke, die lokal reich sind an Schwämmen. Die Birmensdorferschichten schliessen eine reiche Fauna von ähnlichem Habitus ein, wie die Badenerschichten, mit denen sie auch im Gestein über-

Digitized by Google

einstimmen. *Rhynchonella arolica* Opp., *Ammonites arolicus* Opp.; *A. transversarius* Quenst. ist selten.

Oxfordien.

Tonkalke mit gelbbraunen Eisenoolitkörnern und *Ammonites cordatus* Sow. können lokal in einer Mächtigkeit von kaum 10 Cm. erkannt, aber auf der Karte nicht gesondert angedeutet werden.

B. Dogger.

Der oberste Dogger (Callovien = Athleta-, Anceps- und Macrocephalusschichten) ist kaum in dünnen verwitterten, eisenoolithischen Lagen und braunen Eisenknollen andeutungsweise vorhanden.

Variansschichten (Bath, Great-Oolithe). Hell ultramarinblau mit roten Punkten.

Tonige Kalke und Mergel mit *Rhynchonella varians* Schl., *Ammonites Morrisi* Opp., *Holectypus depressus* Leske.

Ferrugineus- und Parkinsonischichten. Hell ultramarinblau.

Mergel und tonige Kalke mit zerstreuten braunen Oolithkörnern. *Ammonites Parkinsoni* Sow.

Bajocien und Murchinsonæschichten. Dunkelblau mit roten Punkten. — Diese Abteilung umfasst:

Blagdenischichten, sandige Kalke, Mergel und Eisenoolith.

Humphriesischichten, Eisenoolith.

Sauzeischichten = Neutrale Zone, Mergel.

Sowerbyischichten. Eisenoolith und tonige Kalke mit Phosphatknollen.

Concavusschichten? Eisenoolith.

Murchisonæschichten (oberes Aalenien). Spätiger Kalk, sandiger Kalk und Mergel und oolithischer Kalk, im untern Teil Zoophycosmergel.

Opalinus-Tone. (Unteres Aalenien.) Blaugrau.

Dunkelgraue schieferige Mergel mit einzelnen dünnen kalkigen Lagen.

C. Lias. Dunkelblau-violet.

Dunkle Schiefermergel mit blaugrauem dichtem bis feinkörnigem Belemnitenkalk und zu unterst mit spätigem Gryphitenkalk.

Digitized by Google

5. Trias.

A. Keuper.

Bunte, besonders rote und grüne Mergel, oben mit gelben Dolomitbänken, unten sandig und grau, auf rotem und grauem, meist mergeligem Gyps.

B. Muschelkalk.

Oberer Muschelkalkdolomit. Ziegelrot mit blauen Punkten.

Weisser, dichter und bräunlichgrauer zuckeriger Dolomit. *Myophoria Goldfussi* Alb.

Hauptmuschelkalk. Ziegelrot.

Heller Dolomit und dichter braungrauer Kalk mit einzelnen Bänken voll von Stielgliedern des *Encrinus liliiformis Mill.* und solchen mit *Terebratula vulgaris* Schl. Stutz erwähnte 1864, der Muschelkalk erscheine « zum letzten Male » (von der Habsburg ostwärts) am « oberen Rauschenbach ». Dieser liegt noch circa 500 M. westlich des Kartengebietes. Mösch, (*Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg*, S. 6), behauptete dann, hier finde sich kein Muschelkalk, Stutz möge Effinger-Schichten fälschlich für Muschelkalk angesehen haben. In Wirklichkeit findet sich Muschelkalk nicht nur am « oberen Rauschenbach », sondern von da an als schiefes Gewölbe mit sehr steilem Nordschenkel, dessen Scheitel längs des Weges durch den Hägelerwald verläuft, bis in unser Kartengebiet, resp. bis zu der Schlucht, oberhalb der Kappelerhöfe.

Digitized by Google

Etude
sur les alluvions anciennes des environs de Genève

PAR

Dr B. ÆBERHARDT,

prof. à Bienne.

La feuille XVI de la carte géologique donne pour le quaternaire un dépôt intéressant, celui des alluvions anciennes déjà traitées par NECKER [1], DESOR, ALPHONSE FAVRE [2], JACCARD [3], FALSAN, etc.

Ce dépôt est à jour dans la région de La Côte, dans les régions de la Savoie qui lui font vis-à-vis et surtout en aval de Genève, où elles sont visibles sur presque tout le parcours du Rhône, de l'Arve et des ruisseaux y arrivant, entre autres l'Allondon et la Laire. La station la plus connue est certainement celle du Bois de la Bâtie, qui, à diverses reprises, a donné lieu à contestations entre géologues, les uns la considérant comme une formation interglaciaire, les autres n'y voyant qu'un accident glaciaire résultant d'un court retrait du glacier. Sans vouloir, pour le moment, me prononcer pour ou contre l'une ou l'autre des conceptions, je me permettrai de signaler quelques constatations nouvelles et de discuter ensuite l'âge de ces dépôts, tout en effleurant la question de l'origine du lac Léman et l'âge du plissement jurassien.

Le géologue qui s'est le plus occupé de l'étude des alluvions anciennes et, d'une façon générale, des dépôts glaciaires des environs de Genève, est ALPHONSE FAVRE. Il les a étudiés très en détail dans un grand nombre de localités [4] et n'a eu, à ce qu'il semble à la lecture de ses ouvrages, qu'un

[1] L.-A. NECKER. Etudes géol. dans les Alpes, t. I.

[2] ALPH. FAVRE. Recherches géol. dans les Alpes, t. I, et Descr. géol. de Genève, t. I et II, 1880.

[3] JACCARD. Matériaux pour la carte géologique, vol. VI.

[4] Je dois ajouter que j'ai fait un large emploi des recherches de ce géologue si consciencieux et si détaillé.

Digitized by Google

seul tort, celui de s'être trop attaché à l'étude des dépôts genevois et d'avoir un peu oublié de les comparer avec ceux de La Côte.

Région de La Côte.

La première région que j'ai visitée est celle de La Côte.

Bougy. Du bord du lac, on aperçoit très bien, à la hauteur de la gare de Perroy, les ravins éboulés du signal de Bougy. Toute la pente à découvert est là occupée par la moraine profonde avec matériaux valaisans : calcaire noir, molasse lie de vin, verrucano, brèche du Flysch, micachiste, schiste séricitique, serpentine, quartzites, granit à feldspath rose (rare), gneiss d'Arolla, schistes chloriteux verts, éclogite, euphotide, etc., puis molasse grise du plateau et enfin calcaire gris rappelant celui de l'Argovien du Jura, mais qui ne peut provenir de cette chaîne, vu l'absence des calcaires blancs du Portlandien et du Kiméridgien, et du Crétacique jaune des couches jurassiennes. Ce calcaire prend d'ailleurs souvent une teinte rosée et une structure saccharoïde; les cailloux sont le plus souvent traversés de veinules de calcite, de sorte qu'il doit être plutôt de provenance alpine. La moraine est ici à découvert sur une épaisseur de 20-25 m. et laisse voir sur toute sa hauteur de petites bandes plus argileuses, horizontales ; leur imperméabilité plus grande empêche l'eau dont elles sont imbibées de s'évaporer trop facilement et les rend très visibles au printemps. Cela laisserait supposer que la moraine profonde a été déposée sur un plan horizontal, donc qu'elle est antérieure au travail d'érosion du ravin de La Côte.

Quelques mètres plus loin apparaissent les alluvions, qui, dès lors, conservent le milieu du ravin sur toute la longueur de La Côte jusqu'à Begnins, recouvrant directement la molasse. Les vignes cessent où finit cette dernière et où commencent les alluvions. Celles-ci sont très visibles, et pour cause ; elles sont liées en un poudingue suffisamment fort pour avoir résisté aux intempéries et formé roche. Les galets sont mal lités, alternant avec de rares lentilles de sable. Une petite sablière ouverte au N de Bougy, directement au-dessus de la molasse et reposant sur un petit banc de calcaire d'eau douce avec planorbes, présentait surtout des granits, gneiss, quartzites, grès bruns, diorites, serpentines et calcaires noirs. Ces diverses roches se trouvaient représentées dans la proportion suivante :

Digitized by Google

granit . . . — 37 gneiss . . . — 4
quartzite. . — 10 autres roches — 27

L'éclogite, l'euphotide, les schistes chloriteux, le gneiss d'Arolla, assez fréquents dans la moraine les surmontant, manquaient là.

Dans les couches plus élevées, la composition de l'alluvion change et la prépondérance passe aux calcaires noirs et grès bruns alpins ; ainsi j'ai compté :

calcaires noirs. . et grès bruns . . — 26 granits, serpentine, dio-rite, verrucano, grès houiller 9
quartzites . . . . . — 10

Eclogite, gneiss d'Arolla, schistes chloriteux verts [1], arkésine manquent, ou du moins sont très rares, car je n'ai observé aucune de ces roches dans la masse de l'alluvion. Par contre, tout au sommet du dépôt, dans l'une des dernières couches, j'ai découvert une euphotide.

Les calcaires blancs et jaunes du Jura manquent aussi ici, car je ne puis considérer comme venant de cette chaîne les calcaires gris déjà mentionnés dans la moraine la surmontant et que l'on trouve aussi dans l'alluvion. Or, la chaîne se trouve à 5 km. environ en droite ligne du dépôt, *et cela a de quoi étonner, puisqu'il s'agit ici d'alluvions sorties des Alpes à une époque où le travail des eaux fluviales devait être très intense.* Les alluvions sont ici déposées en couches horizontales et concordantes avec celles de la molasse sous-jacente. Elles ont une épaisseur visible de 15 m. environ et sont recouvertes par la moraine alpine dont nous venons de causer.

Mont-la-Ville. Etudiées à un autre endroit de La Côte, au-dessus de Mont-la-Ville, au bord de la voie du tramway Rolle-Gimel, les alluvions anciennes se sont trouvées avoir à peu près la même composition. Dans une sablière au bord de la route, directement au-dessus de la molasse horizontale, j'ai observé les proportions suivantes :

granits. . . . — 12 autres roches — 13
quartzites . . — 9

ces autres roches étant surtout des calcaires noirs, des galets de serpentine, verrucano, brèche du Flysch, grès brun, micha-chiste. Pas d'euphotide, d'éclogite, de gneiss d'Arolla,

[1] Par cette dénomination j'entends les chlorites que Guyot considère comme caractéristiques pour le glacier du Rhône.

Digitized by Google

d'arkésine en place. Quelques galets d'éclogite trouvés dans la sablière provenaient probablement de la moraine profonde supérieure entamée elle aussi. Pas de galets jurassiens. Les galets sont nuciformes, pugilaires, mais surtout céphalaires, pénétrés de sable.

Une autre sablière tout à côté présentait :

granits . . . — 12 autres roches — 15
quartzites . — 7

Les alluvions sont recouvertes par 50-60 m. de moraine profonde visible, à éléments provenant exclusivement des Alpes et du Plateau, éclogite et euphotide, gneiss d'Arolla assez fréquents; molasse grise du Plateau, formant plus de la moitié des gros blocs. Ainsi, dans cette coupe, comme dans celle du signal de Bougy, les éléments jurassiens manquent.

Tartegnins. Le ravin creusé au travers des vignes par le ruisseau venant des hauteurs de La Côte laisse apercevoir au N du village les couches horizontales de la molasse.

Les alluvions anciennes sont visibles un peu plus haut et présentent les mêmes caractères qu'à Mont-la-Ville.

Bursins. Les alluvions anciennes, exploitées dans plusieurs sablières au N du village, ne contiennent, encore ici, aucun galet de calcaire du Jura; je n'y ai de même pas rencontré d'euphotide, d'éclogite, d'arkésine, de gneiss d'Arolla, de schiste chloriteux; par contre, beaucoup de granit, de quartzite, de calcaire noir, de grès brun. La moraine à blocs qui surmonte l'alluvion contient, elle, calcaire du Jura, euphotide, éclogite, schiste chloriteux.

Begnins. Les alluvions anciennes visibles de Bougy à Vinzel disparaissent ensuite cachées par la moraine profonde. On les retrouve cependant dans les ravins de la Serine à la scierie de Begnins.

Les alluvions sont ainsi composées :

calcaire noir .	52	petits galets	calcaire noir .	12	gros galets
quartzite . .	18		quartzite . .	9	
granit . . .	4		grès brun . .	6	
autres espèces.	10		granit . . .	4	
			autres espèces		

Encore ici, quoique le Jura ne soit guère distant que d'un peu plus de 3 km., les matériaux jurassiens font défaut.

Digitized by Google

Les alluvions sont visibles sur une hauteur de 15 m. et se trouvent, comme d'ailleurs dans toute la région de La Côte, à une altitude d'environ 550 m [1]. Or, dans cette coupe, les matériaux de moyenne grandeur cessent brusquement et sont recouverts par une couche de 2 m. environ formée en grande partie de gros blocs roulés cubant jusqu'à 1 m^3 [2]. *Dans cette couche apparaissent pour la première fois les éléments jurassiens :* calcaires jaunes du crétacique et blancs du malm, associés à d'autres blocs alpins plus nombreux. Les blocs du Jura sont assez peu roulés. Il ne peut plus être question ici d'alluvions et quoique je n'aie pas remarqué de blocs éraillés, je n'hésite pas à considérer cette couche comme appartenant à la moraine profonde. Cette couche est surmontée par de nouvelles alluvions présentant, elles aussi, des matériaux jurassiens, puis la série se termine par une nouvelle moraine profonde à éléments jurassiens assez nombreux :

Jurassiens	— 24	j — 18
Alpins	— 36	a — 31

Cette moraine profonde supérieure de la scierie de Begnins correspond sans doute à celle mise à découvert dans les vignes entre Begnins et Luins par des travaux de défonçage et où j'ai compté :

Jurassiens	— 26	j — 23	j — 16
Alpins	— 30	a — 16	a — 7

les blocs d'origine jurassienne étant en grande majorité crétaciques [3]. Toute la pente de la colline de La Côte d'ailleurs, de la base des alluvions anciennes au pied, est recouverte par une couche peu épaisse de moraine profonde que j'admets être d'origine néoglaciaire, tandis que pour moi, la puissante moraine profonde surmontant l'alluvion, serait d'origine mésoglaciaire.

Aubonne. Tout à l'autre extrémité de La Côte, non loin d'Aubonne, dans les ravins de la rivière du même nom, au-dessous de Saint-Livres se trouve une coupe intéressante visitée au printemps 1900 par M. le prof. Baltzer, Dr An-

[1] Non 673 m., comme Alph. Favre l'indique. (Descr. géol. de Genève, t. A, p. 87.)

[2] La couche est indiquée dans mon profil de la même localité publiée dans ma note intitulée : Etude critique sur la théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens (*Eclogæ*, vol. VII, No 2, cl. 7.)

[3] La feuille XVI donne la localité comme moraine profonde de la phase de récurrence des glaciers jurassiens.

Digitized by Google

TENEN, de Bienne, et moi et que M. Baltzer a reproduite[1]. On observe là de haut en bas.

1° Moraine profonde avec éléments jurassiens assez rares, il est vrai.

2° 12 m. argiles rubannées en petites couches de 2 à 3 cm.

3° Moraine profonde argileuse à gros blocs ; une couche placée immédiatement au-dessous des argiles rubannées présentait de gros blocs alpins avec de rares galets de crétacique jaune du Jura.

4° A environ 500 m. en aval, dans les ravins au-dessous d'Aubonne, on aperçoit une alluvion alpine qui, à en juger par le niveau qu'elle occupe ici, doit se trouver à la base de la couche précédente[2]. On la voit, d'ailleurs, être surmontée par la moraine profonde. Cette alluvion est-elle la suite de celle de Bougy ? A première vue on serait tenté de le croire ; mais en remontant le vallon, on la voit poindre à différents endroits entre deux couches de moraine profonde alpine et être composée en assez grande partie de galets jurassiens ; elle contient, en outre, euphotide, éclogite, schistes chloriteux, tous éléments étrangers à l'alluvion de La Côte. Or, comme il est à présumer que le cours d'eau qui a charié celles de La Côte coulait de Lausanne vers Genève, *on ne comprendrait pas qu'il n'ait pas pris ces roches pour les mélanger avec celles de Bougy, Mont-la-Ville, Bursins*, etc. Il faut donc considérer ces alluvions comme appartenant au mésoglaciaire ou comme l'équivalant de celles du Bois de la Bâtie.

Toute la région comprise entre Begnins et Genève ne laisse dès lors plus voir trace d'alluvions anciennes. Le ravin du Boiron près de Nyon présente en effet les couches horizontales de la molasse recouverte directement par la moraine profonde avec galets jurassiens sans interposition d'alluvions anciennes. La feuille XVI indique en d'autres endroits des pointements de molasse horizontale toujours sans présence d'alluvions anciennes.

ALPHONSE FAVRE[3] cite bien encore toute une série de dépôts de cette formation sous l'argile glaciaire sur cette

[1] Voir *Eclogæ*, vol. VI, N° 4, p. 380.

[2] JACCARD (Matériaux pour la carte, VI° livr., p. 22) prétend que la nouvelle route Aubonne-Lavigny en a rencontré plusieurs bancs qu'il a fallu faire sauter.

[3] Descr. géol. de Genève, t. II, p. 96-126.

Digitized by Google

rive du lac ; ainsi à Mategnin 6 m., Prégny 6 m., Grand Saconnex 2 m., Genthod 21 m., Saint-Loup, près Versoix, 4 m. ; mais il indique de même toute une série d'endroits où des puits ont atteint la mollasse après n'avoir traversé que l'argile glaciaire, ainsi : Sécheron, villa Plantamour, Fernex, Malagny, Machefer près Versoix, Céligny, Pâquis près Genève [1], où la moraine se trouve même à un niveau inférieur à celui du lac. Puis Favre fait une différence entre l'alluvion ancienne et les dépôts fluviaux qui se trouvent à la base du glaciaire dans cette région puisqu'il les désigne toujours sous le nom de sablon, ce qui peut laisser supposer qu'ils ont une origine différente.

Région de Genève.

Bois de La Bâtie [2]. Toute la colline surplombant la jonction de l'Arve et du Rhône est formée d'alluvions surmontées par la moraine. Elles sont composées comme suit :

calcaires noirs	— 58	gneiss	— 4
quarzites	— 5	granits	— 2

donc les calcaires noirs jouent ici le rôle prépondérant. Mais le fait caractéristique, le plus intéressant, est la présence dans l'alluvion de galets d'euphotides de Saas, galets qui ont nécessité la création de toute une série de théories sur le charriage de l'alluvion et l'origine du Léman, afin de pouvoir expliquer leur présence en cet endroit à l'extrémité du lac [3].

Les alluvions sont recouvertes par la moraine à faciès très argileux et reposent sur des marnes à lignites [4] qu'on a synchronisées avec celles de Utznach et de Dürnten.

La Plaine. De Genève à la Perte du Rhône, le fleuve coule au fond d'un ravin qu'il s'est creusé dans la moraine profonde et les alluvions anciennes ; il commence seulement à

[1] Alph. Favre. Recherches géol. Alpes, t. I, § 22.

[2] Pour plus de détails voir les ouvrages des auteurs cités en tête de cette notice et autres.

[3] Lyell. Ancienneté de l'homme, 1864, p. 332. — Tyndall. Archives, 1863, t. XVI, p. 142. — Alph. Favre. Recherches géol. Alpes, t. I, p. 198. — Mortillet. Archives, 1860, t. IX, p. 160 ; puis 1861, t. X, p. 34 ; 1862, t. XIII, p. 66 ; 1863, t. XVIII, p. 285. — B. Studer. Archives, 1863, t. XIX, p. 89. — Alph. Favre. Sur l'origine des lacs alpins (Archives, 1865, t. XXII, p. 273) ou encore Recherches géol. Alpes, t. I, § 178-194.

[4] Alph. Favre. Recherches géol. dans les Alpes, t. I, p. 90.

Digitized by Google

entamer la molasse qu'on voit souvent pointer hors de son lit en bancs horizontaux (ainsi à La Plaine).

Dans la localité de La Plaine même, sur la rive gauche du Rhône, il est assez facile d'étudier la composition des alluvions. Ici, comme au Bois de la Bâtie, elles sont assez mal litées et agglutinées en poudingue ; elles sont composées comme suit [1] :

calcaires noirs	— 20	gneiss	— 1
quartzites	— 10	brêche du Flysch	— 1
granits	— 5	quelques galets jurassiens.	

J'y ai rencontré quelques galets jurassiens, très rares, c'est vrai, mais en place. Elle est recouverte par la moraine profonde avec, elle aussi, quelques éléments provenant du Jura.

Malval. Une localité très intéressante est celle qui se trouve vis-à-vis du village de Malval au bord du ravin de l'Allondon, rivière venant du pays de Gex et qui, elle aussi, s'est creusé un chenal dans la moraine et les alluvions.

Un peu au delà du hameau des Debaillets, la route du Russin à Malval traverse l'Allondon ; or, on a là une très belle coupe de ces terrains. La base est occupée de nouveau par les alluvions anciennes, mais, ici, *elles sont fortement mélangées de matériaux jurassiens* provenant du malm (Portlandien, Kiméridgien) et des couches crétaciques du Jura [2], ce qui les distingue de celles de la région de La Côte et cela dans la proportion suivante :

Jurassiens	— 19	j — 20	j — 52	j — 27
Alpins	— 33	a — 19	a — 66	a — 66

Elles se trouvent, ici, probablement à la cote de 430 m. Elles sont surmontées par une couche de 1 $^1/_2$ m. d'argile rubannée semblable à celle de Saint-Livres ou de Bussigny dans le canton de Vaud. La moraine qui les recouvre contient, elle aussi, des éléments jurassiens en assez grande quantité, puisque j'ai compté :

Jurassiens	— 15
Alpins	— 30

Hermance. Sur la rive gauche du lac, les alluvions anciennes sont surtout faciles à étudier dans le nant de Frontenex près

[1] Voir la coupe dans Necker, Etudes géol. dans les Alpes, t. I, p. 259.

[2] M. H. Schardt, qui s'est occupé des alluvions anciennes, ne semble pas connaître cette station quand il dit que les alluvions de Genève sont exclusivement alpines (Bull. soc. vaud., 1895, p. XVI).

Digitized by Google

Cologny, dans le ravin de l'Hermance, non loin du village du même nom, et dans les ravins de la Dranse, près de Thonon.

Dans le ravin de l'Hermance, elles forment une couche de 10 m. de hauteur, agglutinées en un béton très dur aux endroits où elles sont exposées à l'air naturellement, meubles dans les sablières où elles sont exploitées assez avant [1].

Ici, comme d'ailleurs dans toutes les stations aux environs de Genève, la nature des roches n'est plus la même que celle observée pour les alluvions de La Côte : plus ou presque plus de galets du verrucano, de serpentine, de diorite qui sont relativement nombreux dans les alluvions anciennes de La Côte. Les granites, quartzites, gneiss, sont bien encore représentés, mais ils passent à l'arrière-plan et ils sont remplacés par des calcaires noirs ; ainsi j'ai compté :

calcaires noirs	— 33
quartzites	— 5
grès	— 3
autres roches	— 1
calcaires noirs	— 53
quartzites	— 2
autres roches : granit, euphotide, schiste chloriteux, roche bréchiforme	— 6

En admettant que les alluvions de La Côte et celles d'Hermance et des environs de Genève sont synchroniques et ont été déposées par le même cours d'eau, comment expliquer le fait que l'on ne trouve pas tous les éléments des alluvions de La Côte disséminés dans celles de Genève ?

A la suite de cette étude, je ne crois plus qu'il soit possible de synchroniser les alluvions anciennes de La Côte avec celles du Bois de la Bâtie et des environs de Genève, et pour cause.

Tandis que celles de La Côte se trouvent à une altitude moyenne de 550 m. au moins, les secondes bordent en falaise l'Arve, l'Hermance, le Rhône et s'élèvent au plus à une altitude de 430 m. à Malval.

Ensuite, je n'ai jamais découvert de cailloux jurassiens dans les premières, tandis que les secondes sont, en certains endroits (Malval), formées de presque moitié d'éléments provenant du Jura, et ces derniers ne diminuent que dans les localités assez éloignées de cette chaîne, il est vrai, de façon

[1] Ne pas les confondre avec les alluvions des terrasses lacustres entamées à divers endroits aux environs.

Digitized by Google

à disparaître presque totalement. Ainsi, tandis que près de Malval les éléments jurassiens forment près de la moitié de la masse, il est difficile d'en trouver quelques-uns dans les falaises du Rhône, vers le village de La Plaine, quoiqu'il soit possible de suivre les alluvions de l'une à l'autre des localités dans les ravins de l'Allondon.

Puis, comme je l'ai déjà fait remarquer ailleurs, la composition des deux alluvions, abstraction faite des galets jurassiens, n'est pas non plus la même; ainsi, tandis que dans celles de La Côte dominent surtout les granits, quartzites et gneiss, celles des environs de Genève sont surtout caractérisées par la grande quantité de calcaire noir qu'elles contiennent. En outre, tandis que les galets de serpentine, de verrucano, de diorits, de grès houiller sont relativement fréquents dans les alluvions de La Côte, ils sont si rares dans celles des environs de Genève que je ne me rappelle pas en avoir observé. On pourrait donc établir le tableau suivant des roches entrant dans la composition des deux alluvions, en les plaçant par ordre de fréquence :

Alluvions de La Côte	Alluvions des environs de Genève
1. granit.	1. calcaire noir.
2. quartzite.	2. grès brun.
3. calcaire noir.	3. quartzite.
4. grès brun.	4. granit.
5. gneiss.	5. gneiss.
6. serpentine.	6. roche bréchiforme.
7. diorite.	7. calcaire jurassien (par place très nombreux).
8. verrucano.	8. euphotide.
9. grès houiller.	
10. calcaire bréchiforme.	
11. euphotide.	
Manquent ou sont rares : calcaire du Jura, éclogite, euphotide, arkésine, gneiss d'Arolla, schistes chloriteux.	*Manquent ou sont rares :* serpentine, diorite, verrucano, grès houiller.

Il serait d'ailleurs difficile, en admettant le synchronisme des deux alluvions, de donner la raison pour laquelle *ces alluvions ont été enlevées sur la distance Begnins-Genève, alors qu'elles deviennent le substratum glaciaire*[1] *de toute la région de Genève à la Perte du Rhône.*

[1] Je fais abstraction des argiles à lignite qui se trouvent à leur base, mais qui n'ont été observées qu'au Bois de la Bâtie et à Cartigny.

Digitized by Google

Un fait à citer est aussi la différence de puissance entre les dépôts glaciaires de La Côte et ceux des environs de Genève. Tandis que dans les falaises du Rhône, près Cartigny [1], les couches surmontant la molasse ont une épaisseur maximum de 60 m., les mêmes terrains dans la région de La Côte atteignent une épaisseur de 200 m. et plus.

Morlot [2] avait remarqué cette accumulation de matériaux d'origine glaciaire dans la région d'Aubonne à Nyon, et l'expliquait par l'amoncellement en cet endroit des moraines de la deuxième glaciation (dernière glaciation) qu'il ne faisait s'étendre que jusqu'à l'extrémité du lac. Dernièrement encore, M. Schardt [3], synchronisant les alluvions anciennes de La Côte et celles de Genève, semble avoir repris à peu près la même idée ; pour lui c'est le glacier de la période mésoglaciaire, qui, dans sa phase de recul, se serait arrêté dans la région de Nyon et aurait accumulé là ses moraines terminales, tandis que le torrent en découlant aurait déposé les alluvions de Bougy et de Genève.

Au vu des coupes qui accompagnent ce travail, je crois qu'il est beaucoup plus plausible d'expliquer cette différence dans la puissance des dépôts par l'ablation de toute la série inférieure des terrains glaciaires par le Rhône post-mésoglaciaire, *la série des dépôts quaternaires n'ayant été conservée en entier que dans la région de La Côte.*

Un autre fait à l'appui du non-synchronisme des deux alluvions, fait peut-être moins probant, est leur relation avec les argiles rubannées ; tandis que ces dernières reposent directement sur les alluvions dans toute la région de Genève, elles ont comme substratum à Aubonne la puissante moraine profonde (pour moi mésoglaciaire), qui, elle-même, un peu plus loin, repose sur les alluvions de La Côte.

Je considère les alluvions anciennes de La Côte comme le dépôt quartenaire le plus ancien de la région [4]. *Il s'est forme à une époque où le lac n'existait pas encore*, car comment faudrait-il expliquer la présence, en cet endroit, de tous ces matériaux provenant du Valais ? Desor essaie bien de le faire en remplissant le lac par un culot de glace sur lequel le

[1] Voir coupe détaillée dans : A. Favre. Description géologique du canton de Genève, t. II, p. 85.

[2] Morlot. Note sur la subdivision du terrain quaternaire en Suisse. (Bibliothèque universelle, mai 1855.)

[3] Schardt. Bull. de la Soc. vaud. Sc. nat., 1895, p. xvi.

[4] Il y a bien les lignites interglaciaires de Bougy, étudiés par Dr P. Jaccard et J. Amann, d'après les échantillons du Musée de Lausanne, mais je n'ai pu découvrir leur gîte.

Digitized by Google

Rhône, comme sur un pont, aurait projeté ces matériaux valaisans (euphotide, éclogite) jusque dans la région de La Côte et de Genève; mais alors, de deux choses l'une : ou bien ces alluvions précédaient l'arrivée du glacier dans la région et dans ce cas elles ont trouvé le lac et n'ont pu arriver jusqu'à Nyon, ou alors ce sont des alluvions contemporaines du retrait du glacier et dans ce cas-là on devrait les trouver au moins quelque part surmontant la moraine profonde; or, je n'ai constaté cela nulle part, si ce n'est dans le ravin de l'Aubonne, non loin de la ville, et, pour des raisons déjà indiquées, je considère ces alluvions comme étant plus jeunes que celles dont il est question. J'irai même plus loin, en disant que *les alluvions de La Côte ont été déposées à une époque où non seulement le lac n'existait pas, mais où le Jura, s'il était déjà soulevé, ne devait pas l'être de façon à permettre au Crétacique et au Malm d'être érodé*[1]. Comment expliquer, sinon le manque de matériaux jurassiens dans ces alluvions à une distance si minime de cette chaîne? Cette hypothèse serait d'ailleurs d'accord avec la théorie de la formation par surimposition de la cluse de la perte du Rhône, non loin des collines de Sion, beaucoup moins élevées. *En effet, si l'on admet la chaîne soulevée complètement à l'époque du dépôt des alluvions, donc la cluse formée à peu près comme elle se présente actuellement*[2], *comment expliquer l'absence d'éléments jurassiens dans une alluvion que l'on peut suivre sur une distance de plusieurs kilomètres?* Les Alpes étaient naturellement de même beaucoup moins érodées que de nos jours, puisque des roches comme l'éclogite, l'euphotide, certains schistes chloriteux, le gneiss d'Arolla, l'arkésine, roches situées au sommet des vallées méridionales du Valais, manquent ou sont rares, tandis que les granits, gneiss, quartzites, calcaires noirs, verrucanos, plus rapprochés de l'axe de la vallée, forment la grande masse des alluvions.

Les alluvions anciennes de La Côte sont-elles d'origine glaciaire, c'est-à-dire proviennent-elles de l'alluvionnement de torrents glaciaires? M. Schardt répond affirmativement ;

[1] A Aarau, dans un dépôt considéré comme appartenant aux alluvions des hautes terrasses (*Hochterrassenschotter*) par M. F. Mühlberg, nous n'avons pu découvrir un caillou jurassien, quoique la localité soit à 2 km. au plus du Jura.

[2] M. F.-A. Forel suppose que dès la fin du miocène le cours du Rhône a eu lieu par la cluse de Bellegarde. (Bull. Soc. vaud. des Sc. nat., vol. XXVI, No 102.)

Digitized by Google

pour moi, la question restera sans réponse aussi longtemps que je n'aurai vu, en amont du dépôt, les alluvions passer insensiblement à la moraine profonde.

Les alluvions ont été suivies par une période glaciaire que j'appellerai mésoglaciaire. Le glacier qui a déposé la moraine profonde surmontant les alluvions anciennes de La Côte a dû avoir une durée très longue à en juger par la puissance du dépôt. Au-dessus de Mont-la-Ville, dans un ravin, j'ai compté 60 m. de moraine exclusivement alpine et ce n'est probablement pas sa plus grande épaisseur. Elle contient là toutes les roches des vallées sud du Valais manquant aux alluvions sousjacentes.

C'est dans ce terrain qu'on rencontre pour la première fois des éléments jurassiens : à Bursins, immédiatement au-dessus de l'alluvion ; dans les ravins de l'Aubonne, au-dessous de Saint-Livres, on les rencontre dans une couche d'alluvions en compagnie de l'euphotide, l'éclogite, les schistes chloriteux, enfin, à Begnins, avec cette différence qu'ici la puissante moraine profonde est remplacée par une couche de 2 m. de moraine à gros blocs arrondis en bonne partie jurassiens. Tous ces matériaux appartiennent en majorité aux couches crétaciques, beaucoup moins au malm. Donc, en ce moment de l'époque glaciaire, le Jura était déjà soulevé et l'érosion assez avancée de façon à permettre aux agents atmosphériques d'attaquer et de transporter au loin ces couches. Quant aux Alpes, le phénomène d'érosion devait être suffisamment avancé dans la vallée du Valais pour permettre le transport de la plupart des roches de ce bassin.

Le Rhône mésoglaciaire dès lors, grâce à l'immense quantité d'eau de fusion du glacier a dû éroder et se creuser un chenal au travers de la moraine profonde, traverser successivement cette dernière, puis les alluvions anciennes, et, enfin, attaquer la molasse sur une assez grande profondeur, *ne laissant exister de tout ce qui avait été entassé par le glacier que le plateau de La Côte* et préparant le lit du lac actuel. C'est, en effet, à la suite de ce travail érosif du Rhône mésoglaciaire qu'à dû se former le bassin du Léman par suite du tassement des Alpes comme aussi peut-être par suite de l'affaissement provoqué par le poids des préalpes du Châblais [1], mais sûrement aussi par suite du mouvement

[1] Schardt. Note préliminaire sur l'origine des lacs du pied du Jura suisse. (*Eclogæ*, vol. V, N° 4, p. 257.)

Digitized by Google

orographique du Jura se continuant, comme le laisse supposer l'étude des alluvions anciennes de La Côte. Y a-t-il eu relation entre le tassement des Alpes et le soulèvement du Jura? c'est probable, si ce n'est pas certain.

C'est vers la fin de ce moment, dans la période glaciaire, qu'ont dû se déposer les lignites du Bois de la Bâtie et du pied de la falaise du Rhône, près de Cartigny[1].

Dès lors, les alluvions du Rhône valaisan ne peuvent plus arriver à Genève et forment la plaine du Valais et de Villeneuve, *tandis que l'Arve, aidée des torrents qui maintenant descendent du Jura, recouvre les environs de Genève de ses alluvions.* Les rares éclogites et euphotides valaisannes qu'on trouve disséminées dans leur masse et qui sont à l'origine de tant de théories sur la formation du Léman ne seraient rien d'autre qu'un reste de la lévigation de la moraine profonde mésoglaciaire par l'Arve coulant dn Salève dans la direction de la Perte dn Rhône. Ces alluvions ont probablement touché le lac et ce sera lui qui les aura empêché de recouvrir la rive droite d'une nappe semblable à celle qui recouvre la rive gauche d'Hermance à Genève. Géologiquement parlant, il n'y aurait plus de grand lac et de petit lac à création successive, comme l'indique M. Schardt[2] (pour lequel le petit lac ne serait qu'un agrandissement du Léman causé par la création des Préalpes), mais bien un seul bassin, créé d'une seul pièce et dont la partie la moins profonde, voisine du Jura, aurait été sensiblement rétrécie par le cône d'alluvions de l'Arve, coulant à un moment donné dans la direction de Collonge à Hermance. En effet, si les alluvions d'Hermance sont absolument différentes de celles de La Côte en ce qui concerne la nature des roches qui les forment, elles sont absolument identiques à celles du Bois de la Bâtie et occupent le même niveau. L'Arve donc avant d'avoir coupé le Léman en deux ou d'avoir comblé complètement cette partie du lac aura obliqué à gauche et se sera mis à couler dans la direction Collonge-Genève. A l'appui de cette théorie, il y aurait, outre la similitude de matériaux et de position, le fait qu'entre Le Carre et La Capite, près Cologny, les alluvions sont inclinées du côté du lac[3] et qu'à Genève, à la gare Cornavin, on a, à l'occasion du forage

[1] A. Favre. Descr. géologique de Genève, t. I, p. 83.

[2] Schardt. Note préliminaire sur l'origine des lacs du pied du Jura suisse. (*Eclogæ*, vol. V, N° 4, p. 258.)

[3] A. Favre. Descr. géol. de Genève, vol. II, p. 30.

Digitized by Google

d'un puits, observé que les alluvions anciennes présentaient un ravin à pente douce et cessent à un moment donné si bien que des puits creusés un peu plus au nord ne les atteignent plus [1].

Maintenant, pourquoi la rivière a-t-elle passé par des phases d'érosion et d'alluvionnement? Il faudrait peut-être en chercher la cause dans la diversité des roches mises à découvert dans la cluse de la Perte du Rhône, les époques d'érosion correspondant à l'arrivée au lit du fleuve de couches plus tendres ou à un temps d'arrêt dans le mouvement ascensionnel de la montagne, les phases d'alluvionnement, au contraire, à une période d'exhaussement de la chaîne.

A la suite de ce travail d'alluvionnement, le glacier qui, pendant un certain temps s'était retiré, réapparaît et dépose sa moraine profonde sur la mollasse à découvert des coteaux de La Côte ainsi que sur toute la région de Nyon à Genève et le fond du lac ; elle recouvre de même le puissant dépôt glaciaire de La Côte, seul reste du travail d'érosion du Rhône mésoglaciaire, se déposant à Saint-Livres sur les argiles rubannées, à Begnins sur les alluvions qui ont suivi le mésoglaciaire ; elle recouvre de même dans la région de Genève les alluvions qui ont suivi l'érosion mésoglaciaire (couches de sablon d'ALPHONSE FAVRE).

C'est, d'ailleurs, vers la fin de cette époque qu'auraient été déposés les matériaux à éléments en grande majorité jurassiens que M. Schardt [2] considère comme moraines de la phase de récurrence des glaciers jurassiens et que je tiens avec M. Baltzer [3] pour la moraine latérale du glacier du Rhône [4].

En résumé, voici quelles auraient été les diverses phases de l'histoire glaciaire dans la région du Léman :

a) Formation de l'ancienne vallée du Rhône par la Venoge, Entreroche, lac de Neuchâtel (Rütimeyer), ou par Attalens, vallée de la Broye (Lugeon).

[1] A. FAVRE. *Id.*, vol. II, p. 94 et fig. 8, pl. VI.

[2] SCHARDT. Rekurrenzphase der Juragletscher. (*Eclogæ*, vol. V, N° 7, p. 511.)

[3] BALTZER. Beiträge zur Kentnisse des diluvialen Rhonegletschers. (*Eclogæ*, vol. VI, N° 4)

[4] AEBERHARDT. Etude critique sur la théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens. (*Eclogæ*, vol. VII, N° 2.)

Digitized by Google

b) Changement de direction du Rhône[1]; dépôt des alluvions anciennes de La Côte. Jura non encore soulevé ou à peine.

c) Période mésoglaciaire et dépôt de la moraine profonde surmontant les alluvions de La Côte. Soulèvement du Jura.

d) Retrait du glacier. Phase d'érosion du Rhône qui, dès lors, se met à creuser le lit où plus tard reposera le Léman, puis création du lac et dépôt des marnes à lignite du Bois de la Bâtie. Le Jura continue son mouvement ascensionnel.

e) Dépôt des alluvions de la région de Genève par l'Arve.

f) Néoglaciaire, dépôt de la moraine profonde plus jeune; période de dénudion intense pour le Jura. Retrait insensible du glacier, formation de kames et individualisation des petits glaciers jurassiens.

g) Période actuelle.

Bienne, septembre 1902.

[1] M. Lugeon. Archives des sc. phys. et nat., février 1897.

Digitized by Google

L'axe anticlinal de la Molasse aux environs de Lausanne

par

E. Renevier, prof.

Planches 8 et 9. — Clichés 10 à 13.

On désigne ainsi, dans notre pays, la ligne, parallèle aux Alpes, qui sépare les Mollasses horizontales de celles qui participent au plongement SE de la chaîne alpine.

Cette ligne traverse la Suisse en diagonale, depuis l'angle du Rhin, près de Rheineck (Saint-Gall), jusqu'à Lausanne. Au NW de cette ligne, les couches sont uniformément horizontales, mais souvent légèrement relevées contre l'axe. Au SE, au contraire, elles plongent plus ou moins fortement contre les Alpes.

L'axe en question était déjà marqué sur la carte géologique de la Suisse de Studer et Escher (édition de 1853), ainsi que sur la petite carte réduite de 1855. Il y est figuré par une ligne pleine, presque continue, depuis l'angle NE de la Suisse jusqu'à la frontière de Fribourg, puis, après une longue lacune, de Nialin à Ouchy, aux environs de Lausanne.

Sur la deuxième édition de la dite carte, revisée par Bachmann, l'axe anticlinal est marqué par une ligne pleine, depuis Berneck, au S de Rheineck, jusqu'à Utznach. Interrompue par le lac de Zurich (*Obersee*), la ligne se continue, en faisant diverses inflexions, par Lucerne, coupe la vallée de l'Aar au S du Belpberg, et se termine à Guggisberg (Berne). Elle manque absolument dans la Suisse occidentale.

Il n'en est pas question sur la carte géologique de la Suisse de Heim et Schmidt, en 1894. En revanche, l'axe anticlinal est marqué d'une manière continue sur les feuilles géologiques au 1 : 100 000, depuis Sankt-Margrethen au NE, jusque près d'Utznach ligne rouge, accompagnée au SE d'une ligne bleue, qui marque l'axe synclinal, puis d'un second anticlinal (rouge), passant par Appenzell, d'un se-

Digitized by Google

cond synclinal (bleu), de Weissbad à Neu-Johann, et enfin d'un troisième anticlinal (rouge) non loin du bord des chaînes calcaires. Ce que l'on nomme par abréviation l'*axe anticlinal de la Mollasse* n'est donc en réalité que la ligne anticlinale la plus externe, ou la plus éloignée des Alpes. Nous verrons qu'il en est de même au bord du Léman.

Au SW du lac de Zurich, l'*axe* n'est plus tracé d'une manière continue, et aurait besoin d'une vérification et d'une étude spéciale pour un tracé plus complet. Il passe par Emmen et Malters au N et à l'W de Lucerne, et ne figure plus que par tronçons jusqu'au canton de Fribourg.

Par contre GILLIÉRON l'a tracé d'une manière continue depuis Saint-Sylvestre, au SE de Fribourg, jusqu'à la frontière vaudoise, au N d'Oron-la-Ville (feuille XII au 1 : 100 000).

JACCARD, de son côté, en a continué le tracé, sur la première édition de la feuille XVI, jusqu'à Nialin, au N de Savigny, et en avait marqué un tronçon au N de Belmont s/Pully.

Dans la seconde édition de cette même feuille, en 1899, M. SCHARDT induit en erreur par ce tronçon, qui appartient en réalité à une autre ligne de dislocation, relie hypothétiquement les deux tronçons de Jaccard et fait arriver l'axe anticlinal à Pully, au bord du Léman. C'est ce tracé erroné que je me propose de rectifier ici, d'après des observations déjà anciennes, que je regrette de ne pas avoir communiquées à temps à M. Schardt. J'aurais dû faire cette rectification lors de la publication de la Notice explicative sur cette seconde édition, parue en 1900[1], mais cette erreur de tracé m'avait échappé.

Pour ce qui concerne les environs de Lausanne, j'ai eu l'occasion, depuis une cinquantaine d'années, d'y constater l'axe anticlinal externe sur un grand nombre de points ; comme à maint endroit il n'est plus aussi visible, je pense utile de grouper ici mes observations, pour les transmettre à mes après-venants.

La petite carte ci-jointe (cl. 10), reproduite avec autorisation d'après la carte topographique vaudoise au 1 : 50 000, donne le tracé rectifié de l'axe anticlinal externe, de Nialin à Ouchy, tel qu'il résulte de mes observations successives. J'y ai marqué par une ligne de traits ------- la limite approximative de la *Mollasse marine*, qui occupe le nord de la

[1] *Eclog. géol. Helv.*, VI, p. 81.

Digitized by Google

Digitized by Google

feuille. Celle-ci est entourée à l'ouest et au sud de *Mollasse d'eau douce langhienne* ou *burdigalienne*. Tout l'angle SE de la carte est occupé par la *Mollasse aquitanienne* avec *Lignites*, sans qu'on puisse tracer exactement la limite avec le *Langhien*. Enfin, le tout disparaît le plus fréquemment sous un revêtement d'erratique, plus ou moins remanié, suivant les places.

L'axe anticlinal est marqué par une ligne pleine partout où il a pu être constaté, et par une ligne ponctuée, là où les observations ne sont pas possibles à cause du revêtement d'erratique ou de terre végétale. L'ensemble forme une ligne très évidemment continue, qui représente un axe unique, affecté d'accidents tectoniques divers suivant les endroits. Sauf un léger relèvement local au SE, sur quelques points, toutes les mollasses au NW de l'axe sont horizontales. Au SE de celui-ci, au contraire, les couches plongent plus ou moins fortement contre les Alpes, de 20, 25, 30 degrés, ou même davantage. Les points où le plongement a pu être constaté sont signalés par le signe T.

J'énumère, en commençant par le NE, les points où j'ai pu constater le passage du dit axe anticlinal externe.

a) Les carrières de Nialin (880 m.), au NW de Savigny, au bord du cadre N de la carte, appartiennent à la Mollasse marine. L'axe y était bien visible, il y a une trentaine d'années, sur le haut de la colline, au versant SE de laquelle j'ai suivi tout le long du bois les couches plongeant contre les Alpes. Au NW, au contraire, se trouve un plateau à mollasse horizontale.

Depuis la sortie du bois, en Praz-pourri (825 m.), le sol est cultivé, et je ne me souviens pas y avoir vu l'axe en question.

b) Du chemin transversal de La Coudre, jusqu'à la Clef-au-Moine, se trouve une petite colline boisée, Le Crêt-des-Côtes, le long de laquelle on constatait également, quoique moins facilement, la ligne anticlinale.

c) Depuis les maisons dites Le Raccord, l'axe court à peu près parallèlement à la route de Savigny, sur le côté N de celle-ci, toujours dans la Mollasse marine. Il y forme une sorte de crêt ou colline allongée, peu saillante, en partie boisée, Le Trambley, sur laquelle la Mollasse affleure presque partout sous forme d'une voûte peu accentuée, jusqu'aux maisons des Trois-Chasseurs (727 m.). C'est une mollasse peu cohérente, sans fossiles, à grain grossier, qui se

Digitized by Google

rencontre en général à la base de la Mollasse marine, et qui me paraît se rattacher encore à celle-ci. Dans ce dernier parcours, nous avons à faire à un véritable pli anticlinal, sans faille, affectant la Mollasse marine, seule visible.

A partir du contour de la route, vers les Trois-Chasseurs, les cultures et l'erratique empêchent de voir l'axe anticlinal, jusqu'au ravin de la Chandelard.

d) C'est dans le ravin de la Chandelard que l'axe anticlinal est le plus facilement observable, grâce à la profondeur de l'érosion transversale. En remontant ce ravin depuis le pont de la nouvelle route de Belmont, on marche sur des alternances de mollasses et de marnes, fortement déclives au SE, qui appartiennent à la Mollasse d'eau douce langhienne (Burdigalien). Arrivé sous Rovéréaz, l'inclinaison diminue et on passe insensiblement à des couches horizontales, ou même faiblement déclives au NW, qui forment le reste des côtes de Montmouret. On ne voit point de cassure, mais une courbure graduelle, une véritable *flexure*. Sur la petite carte (p. 289) j'ai marqué ce point par deux signes de plongement inverses. De loin, on voit très bien cette flexure dans le haut des deux versants du ravin.

M. le professeur M. Lugeon a bien voulu me confier, pour les reproduire ici, des photographies des deux revers de ce ravin, qu'il a prises le 7 juin 1898. (Pl. 8 et 9.)

Je n'ai pas d'observation au SW, sur le plateau de Rovéréaz, où l'erratique et les cultures cachent le sous-sol.

e) A Chailly, dans le hameau même, sur un point qui n'est plus visible, et que je ne puis plus préciser, je me souviens avoir observé anciennement le contact des couches déclives au SE avec la mollasse horizontale. Ici encore c'est une mollasse langhienne incontestable, témoins les ossements fossiles trouvés tout près de là en creusant les caves de la Brasserie de la Rosiaz.

Nouvelle oblitération au travers du val d'Angrogne.

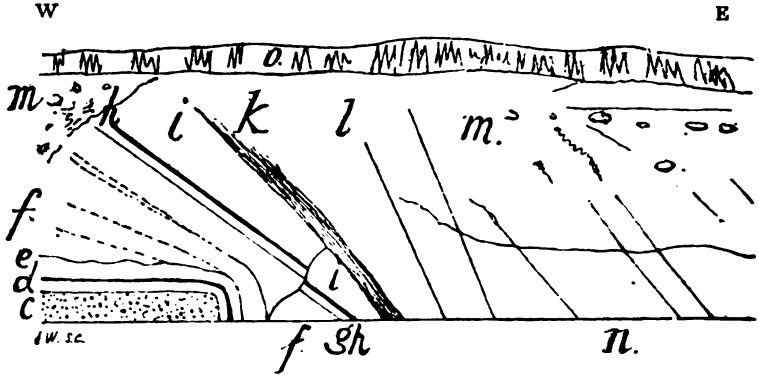
f) A Bellevue le contact immédiat n'est pas visible, mais on observe les deux inclinaisons différentes sur des points très rapprochés. Les maisons du grand Bellevue reposent sur la Mollasse langhienne horizontale, dans laquelle on a trouvé des ossements d'*Aceratherium*, tandis que tout près de là, derrière la maison du Petit-Bellevue, j'ai observé très distinctement les couches de mollasse plongeant au SE.

g) Lors de la construction de l'avenue de Rumine, j'ai observé à Lucinge, dans des fouilles faites sur le trottoir N

Digitized by Google

de l'avenue, le point de passage de la ligne anticlinale, vis-à-vis de la Pension Victoria. Suivant mes souvenirs, il n'y avait là non plus aucune faille, mais une simple flexure. Deux signes de plongement inverse désignent ce point sur la petite carte (p. 289).

h) Enfin, le point où l'axe anticlinal a pu être le mieux étudié, c'est dans les tranchées de la voie ferrée de Vevey, en dessous de la ville de Lausanne, à 500 m. environ à l'E de la gare. MM. GAUDIN et DE RUMINE ont relevé en détail la



Cl. 11. — Axe anticlinal de la Mollasse, sous le Treyblanc, dans la tranchée N de la voie ferrée de Vevey, à E de la gare de Lausanne, d'après le dessin de GAUDIN et DE RUMINE en 1859. (*Bull. soc. vaud. sc. nat.*, VI, p. 418.)

m = Erratique. — *l*, *n* = Marnes bigarrées. — *k* = Marne noire. — *i* = Marne jaune. — *h* = Marne noir-foncé. — *g* = Marne rouge-vif. — *f* = Grès marneux bigarré. — *e* = Marne jaune. — *d* = Marne rouge, recouverte par un feuillet de marne bleue. — *c* = Banc de grès marneux jaune, taché de rouge et de bleu.

coupe de ces tranchées et l'ont publiée en 1860[1]. J'en reproduis dans mon cliché 11 la partie la plus caractéristique, avec une faible réduction. A l'W, les couches mollassiques *c*, *d*, *e* sont absolument horizontales. Elles plongent subitement, presque à angle droit, sans fracture. C'est donc une simple flexure. Les couches supérieures *f*, *g*, *h*, etc., pendent toutes régulièrement au SE, sous un angle d'environ 40°. La coupe n'est pas absolument identique des deux côtés de la voie, grâce sans doute à un petit effondrement local. Aussi les auteurs ont-ils donné dans leur planche la coupe des deux talus.

Lors de la construction de la ligne de Fribourg, qui borde

[1] *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, VI, p. 418, planche.

Digitized by Google

Digitized by Google

Bancs de Mollasse presque horizontaux.

N.

Axe.

S.

Bancs plongeant fortement au SE.

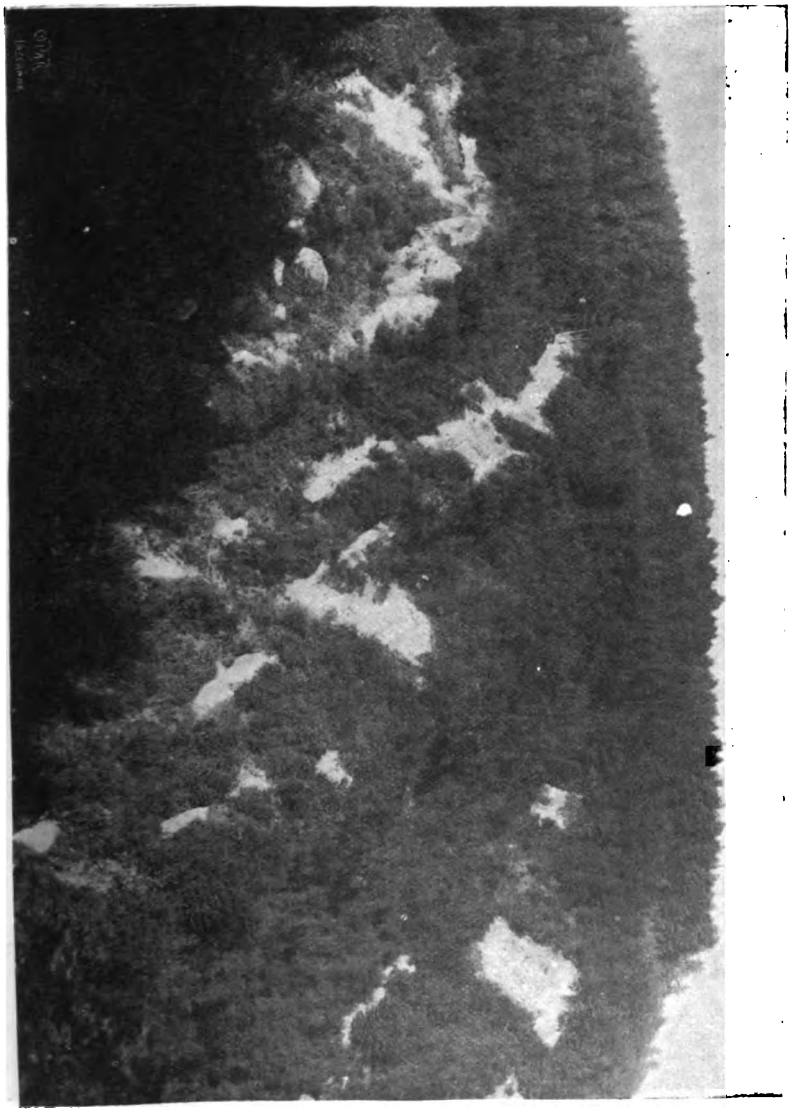
Pl. 8. — Revers Ouest du Ravin de la Chandelard, sous Rovéréaz.

Digitized by Google

Bancs de Mollasse presque horizontaux.

N.

Axe.



S.

Bancs plongeant fortement au SE.

Pl. 9. — Revers Est du Ravin de la Chandelard, bois de Chenaulaz.

Digitized by Google

Digitized by Google

au N celle de Vevey, on n'a rien pu voir de plus, parce que son niveau est plus élevé ; au contraire, par suite des travaux la coupe a été oblitérée.

Plus au SW, je n'ai pas d'observation fixant d'une manière précise la position de l'axe anticlinal, mais bien des constatations de Mollasses inclinées, qui en limitent au SE la situation.

Le *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles* contient les lignes suivantes, dans le compte rendu de la séance du 5 mai 1858 (vol. VI, p. 15) :

« MM. Renevier et Ph. Delaharpe signalent deux affleurements de Mollasse, qui vont disparaître et faire perdre aux géologues un point de repère important pour la fixation de l'axe anticlinal de la Mollasse vaudoise. A Ouchy sous Lausanne, les travaux de déblais nécessités par la construction du grand hôtel de Belle-Rive (lisez Beaurivage) ont mis à découvert trois petits mamelons mollassiques, arrondis, situés dans l'emplacement qu'occuperont les caves de l'hôtel. Ces mamelons sont formés de couches de grès tendre et de marne, alternant entre eux, contenant quelques empreintes ligneuses, offrant en un mot tous les caractères de la mollasse grise ordinaire des environs de Lausanne (Langhien). Les couches sont inclinées de 35° à 40° au SE. Ces mamelons, hauts de 1 à 1 $^1/_2$ mètre, sont recouverts par une marne grise très dure (on la fait sauter à la poudre), empâtant un grand nombre de blocs et de cailloux alpins, de toutes les grandeurs, arrondis, bien polis et striés. Ce dépôt nous représente sans doute un lambeau de moraine profonde....

» Les travaux pour la construction du nouveau quai d'Ouchy vont encore cacher pour jamais les couches inclinées que l'on observe au bord du lac, au-dessous de l'usine à gaz. C'était le point le plus occidental où l'on eut noté la mollasse inclinée au SE, par conséquent celui où les géologues suisses s'accordaient à faire passer l'axe anticlinal. »

Cet affleurement sous-lacustre de mollasse inclinée avait été daguerréotypé par Heer-Tschudi de Lausanne et dessiné, je ne sais plus par qui. C'est d'après ce dessin que j'ai fait faire le cliché réduit ci-après (cl. 12). Il donne une idée très nette de l'affleurement des couches déclives, dirigées NE—SW, qui émergeaient lors des basses eaux.

La conclusion qui termine la citation ci-dessus n'est pas rigoureusement exacte. Les couches déclives d'Ouchy ne marquent pas nécessairement le passage de l'axe anticlinal ex-

Digitized by Google

Cl. 12. — Affleurement sous-lacustre de la Mollasse plongeant au SE, devant l'Usine à gaz à Ouchy, recouvert depuis 1858. D'après un dessin antérieur. (*Bull. soc. vaud. sc. nat.*, VI, p. 15..

Digitized by Google

terne, mais sont une preuve qu'il passe au NW, à une distance que l'on ne peut déterminer d'après ces affleurements. Si l'on prend pour base la direction de la ligne anticlinale entre les deux derniers points constatés *g* et *h*, elle devrait passer en effet tout près de l'usine à gaz d'Ouchy, mais l'axe n'est pas nécessairement rectiligne, et à en juger par les autres points cités il forme plutôt une ligne ondulée. D'ailleurs les différences d'altitude entre les points constatés occasionneraient déjà des déviations dans la ligne des affleurements, à supposer que le plan axial fût rectiligne.

Je puis signaler, bien plus à l'W encore, un affleurement de couches déclives, ayant le même plongement SE. Il se trouve au bord du lac, à la pointe de Saint-Sulpice, un peu à l'W de l'Abbaye de Saint-Sulpice. Là on peut constater, au moment des basses eaux, des affleurements sous-lacustres parallèles, dirigés NE—SW, assez semblables à ceux d'Ouchy (cl. 12). Ce sont des marnes gris-verdâtres, parfois arénacées, contenant de nombreux fossiles de l'Aquitanien saumâtre : *Cerithium margaritaceum*, etc., *Helix*, *Planorbis*, *Limmeus*, *Cyrena* (plusieurs esp.), *Cypris*, *Carpolites*. L'exploitation n'est possible que lors des plus basses eaux.

Il semblerait, d'après cet affleurement, que l'axe dût passer encore plus au NW, ce qui lui assignerait dans cette dernière section une direction franchement E—W, bien différente de celle qu'il affecte dans le reste de la Suisse. Mais s'agit-il de la même ligne tectonique ? J'en doute ! Il se pourrait bien que nous ayons ici la naissance d'un nouvel axe anticlinal, extérieur au précédent, comme nous voyons sur les flancs du Jura les anticlinaux se multiplier en allant du NE au SW. Cela expliquerait le rétrécissement au SW de la zone mollassique horizontale.

De l'autre côté du lac, en Chablais, je n'ai pu constater l'axe anticlinal de la mollasse que sur un seul point, savoir dans le cours inférieur du Foron, entre les villages de Excuvilly et Sciex, non loin du débarcadère de Anthy-Sechez, à l'E de Thonon. En remontant ce ruisseau depuis la route nationale, on trouve d'abord des mollasses en couches horizontales, mais à environ 500 m. de la route les bancs se plient graduellement pour prendre une déclivité bien accentuée au SE. Ici encore point de faille, mais une simple flexure. Nulle part ailleurs en Chablais je n'ai rencontré de mollasses horizontales. Toutes celles des Allinges, de Lully, de Choisy et du Mont-de-Boisy plongent au SE.

Digitized by Google

Si nous prolongeons au NE la direction des couches déclives de cet affleurement, nous aboutissons justement aux environs d'Ouchy. Il est donc fort probable, presque évident, que nous avons ici un nouveau tronçon du grand axe anticlinal de la mollasse suisse. Mais Saint-Sulpice n'est point situé sur cette ligne, et se trouve au contraire à environ 4 km. au NW de cette direction. Si donc Saint-Sulpice fait partie de la même ligne tectonique que Ouchy et Sciex, celle-ci décrit une courbe assez accentuée. Si, au contraire, l'axe est rectiligne au niveau du lac, Saint-Sulpice doit se trouver au SE d'une autre ligne anticlinale dont l'affleurement exact n'est pas visible, mais passerait entre Saint-Sulpice et Préverenges, où les couches aquitaniennes sont horizontales.

En poursuivant au contraire au SW la direction de l'axe de Sciex, on aboutit au flanc NW du Salève, qui, comme on le sait, présente un pli déjeté au NW et forme ainsi indubitablement la continuation du grand axe anticlinal de la Mollasse suisse.

Revenons à la zone subalpine vaudoise. Celle-ci, comme celle du NE de la Suisse, présente plusieurs axes anticlinaux successifs entre celui de Lausanne et les Préalpes.

Une première ligne serait celle qui longe au SE le cours de la Paudèze avant Belmont, et qui se trouve marquée sur la carte de Jaccard (feuille XVI au 1 : 100 000). Il me paraît y avoir là une grande faille.

Une autre passe à 500 m. environ à l'est de la gare de la Conversion, sur la voie Lausanne-Fribourg. Je l'ai signalée en 1860, à la séance du 5 mai de la Société vaudoise des sciences naturelles (*Bull.*, VI, p. 359), comme suit :

« En continuant à suivre la voie (depuis la gare), on arrive à une nouvelle tranchée, où les couches pendent du côté W avec une inclinaison de 10° environ ; quelques pas plus loin, le terrain est disloqué, puis un peu plus loin encore les couches reprennent leur première inclinaison (au SE), qu'elles conservent jusqu'au torrent de la Lutrive.

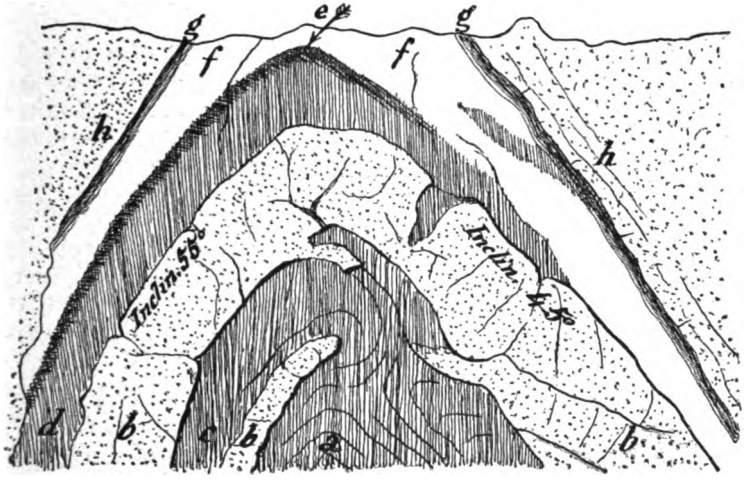
» Il résulte de là que la rangée de collines, située entre Corsy-Echerin et le château de Bochat, forme un second axe anticlinal, parallèle au grand axe qui passe près de Lausanne, et qu'entre ces deux axes se trouve une faille ou ligne synclinale, suivant à peu près le petit ruisseau qui coule entre Belmont et Corsy. »

Ce 2me ou mieux 3me anticlinal, peu visible actuellement,

Digitized by Google

forme donc une voûte irrégulière, dont on ne pouvait voir dans la tranchée que la tête ou clef, un peu disloquée, et d'ailleurs peu accentuée.

Un 4me axe anticlinal longe le chemin du Miroir, au SE du cours de la Lutrive, et se présentait d'une manière très nette lors de la construction de la voie ferrée dans la tranchée, sous le viaduc du chemin du Miroir.



Cl. 13. — Voûte mollassique dans la tranchée S de la voie ferrée de Lausanne-Fribourg, à E du viaduc du chemin de Savuit à la Croix, sur Lutry.

a = Marne verdâtre. — *b* = Grès grisâtre. — *c* = Marne schisteuse violette. — *d* = Marne schisteuse. — *e* = Schiste violet. — *f* = Marne blanchâtre. — *g* = schiste foncé. — *h* = Grès rouge.

Le cliché 13, reproduit d'après un croquis que m'avait fait le 3 mai 1862 M. Paul Piccard, alors étudiant à notre école d'ingénieurs, en montre la clef de voûte, beaucoup plus accentuée que celle du troisième axe. A l'ouest du viaduc, sur le versant de la Lutrive, les couches se redressaient de plus en plus jusqu'à la verticale, puis leur partie supérieure se renversait et prenait une déclivité inverse jusqu'à 60° et même 55°. A l'E, au contraire, elles conservent partout la déclivité au SE, mais de moins en moins forte à mesure qu'on s'éloigne de la clef de voûte.

Cette coupe naturelle est encore visible, mais la tranchée est beaucoup moins nette, par suite du délitement. Le dessin

Digitized by Google

de M. Piccard était très précis et valait presque une photographie.

Plus à l'E les couches se suivent régulièrement jusqu'au delà de Chexbres, et je n'y ai pas observé de nouvel anticlinal. Aux Gonelles, en dessous de Chardonne, les bancs de poudingue mollassique forment un grand synclinal évasé, inéquilatéral, se redressant plus fortement à l'E, auquel succède un nouvel anticlinal, assez large, dont le noyau est formé par la Mollasse rouge de Vevey.

Comme on le voit, la zone subalpine vaudoise est presque aussi plissée et accidentée que la zone subalpine appenzelloise. Ce sont deux régions orographiquement homologues, qui ont autant de droits l'une que l'autre à être comprises dans la région alpine.

Conclusions. — 1° L'axe anticlinal de la Mollasse, qui traverse en diagonale toute la Suisse, se prolonge sur territoire vaudois dans la direction d'Ouchy, se retrouve de l'autre côté du lac Léman à Sciez, au pied du Mont-de-Boisy, et aboutit à la paroi NW du Salève.

2° Dans sa partie occidentale, ce n'est point une faille, mais une ligne de flexure, qui sépare les couches quasi-horizontales du plateau suisse, de la région alpine fortement plissée.

3° Il n'est pas absolument certain que ce soit une ligne tectonique unique et continue. Il pourrait y avoir plusieurs lignes de flexure conjuguées, naissant successivement au SW, en avant les unes des autres, ce que semblerait indiquer l'affleurement sous-lacustre de Mollasse déclive, à Saint-Sulpice, au bord du Léman.

4° La zone mollassique subalpine présente, au SW comme au NE de la Suisse, plusieurs anticlinaux vaguement parallèles.

Post-scriptum.

Avant le tirage des pages qui précèdent, j'ai eu la fantaisie de revoir la section de Nialin aux Trois-Chasseurs, que je n'avais plus visitée depuis très longtemps.

Les carrières de Nialin sont un peu en dehors du cadre de ma petite carte p. 289, au nord de son angle NE.

Digitized by Google

Là toutes les couches de mollasse pendent au SE, mais avec une déclivité relativement faible. Le plateau dit Sur-la-Carrière, qui les domine (repère 896 m. de la carte Siegfried au 1 : 25 000), repose évidemment sur les couches horizontales, mais je n'ai pu les voir à cause de l'erratique et des cultures.

A la Clef-aux-Moines, on voit au bord de la route, sous le petit bois, une tranchée qui présente les couches déclives au SE.

A l'extrémité N du bois du Trambley, vis-à-vis de l'entrée du chemin des Cases, j'ai vu une excavation dans la mollasse tendre, dont le banc supérieur surplombant marquait nettement la *voûte anticlinale*.

Enfin aux Trois-Chasseurs, derrière le bâtiment de ferme, se trouve une colline rocheuse, contournée par la route, au haut de laquelle on observe encore très facilement l'*axe anticlinal*, avec plongement assez accentué, divergeant des deux côtés.

Epigénie glaciaire sur le cours moyen du Drac,

par

le Dr Pierre Lory.

On rencontre très fréquemment dans les vallées des Alpes des tronçons épigénétiques dont l'origine est due à un creusement consécutif à l'obstruction de l'ancien thalweg par des alluvions, des moraines ou un glacier lui-même[1]. La région dauphinoise fournit de nombreux exemples de ce phénomène; s'il en est d'isolés, comme le cours du Furon à son débouché dans le Grésivaudan, il existe aussi toute une vaste section du réseau hydrographique où la surimposition est le cas normal : c'est le cours moyen du *Drac*, avec les parties voisines de ses affluents.

[1] Voir notamment P. Lory, *Soc. statist. Isère*, janv. 1900. M. Lugeon, *Bull. Lab. Université Lausanne*, 1901. W. Kilian, *La Géographie*, 1902.

Digitized by Google

Du Bas-Valgaudemar à Saint-Georges de Comiers, sur plus de 50 km. de longueur, le Drac coule encaissé dans un canyon, aux parois hautes de plusieurs centaines de mètres; il entaille des terrasses plistocènes qui s'étendent de l'un à l'autre des versants rocheux, distants de 1 à 4 km. Des rapides, des seuils rocheux même, accidentent le cours de la rivière ; c'est à des hauteurs extrêmement variables que, dans les parois, la roche en place est couronnée par le quaternaire : cette structure décèle déjà la surimposition, qui devient évidente lorsqu'on examine les sections de l'ensemble de la vallée fournies par les ravins affluents. Elles montrent un ancien lit, creusé presque aussi profondément que l'actuel, mais de tracé presque constamment distinct du sien, et qui s'était établi du mieux possible en conformité à la tectonique de la région en même temps qu'il s'élargissait. Ce lit, de creusement interglaciaire, a été remblayé par de l'alluvion, jusqu'à l'arrivée des glaciers, puis par des moraines ; celles-ci se sont étalées, non seulement sur toute la vallée, mais aussi sur les autres dépressions du « bord subalpin » (Trièves, etc.).

Au retrait du glacier, la rivière qui en sortait coulait sur une plaine, où elle décrivait des méandres au gré des inégalités morainiques de la surface. Mais la très forte différence de niveau qui existait entre ce cours moyen du Drac et l'Isère donnait une extrême activité à l'érosion régressive, qui s'est propagée rapidement vers l'amont, obligeant le lit à s'enfoncer verticalement dans le remblai. Fixé par son encaissement, il s'est imposé au sous-sol ; la roche en place a été généralement rencontrée assez tôt, d'où les gorges actuelles. Dans deux tronçons, aux ponts de la Mure et à ceux de Beaufin, elles deviennent particulièrement étroites et abruptes ; c'est que là, la disposition des bourrelets morainiques en donne le pourquoi, l'épigénie a logé le nouveau cours dans des bombements anticlinaux de roches dures que l'ancien lit contournait.

La descente du Drac a entraîné, dans les mêmes conditions, celle de ses affluents dont les moraines avaient aussi remblayé les bassins. Ainsi l'épigénie glaciaire s'est trouvée réalisée sur une échelle qui, de l'avis autorisé de M. le prof. Penck, dépasse celle de tous les exemples de ce phénomène jusqu'ici observés.

Digitized by Google

Vorläufige Mitteilung über das Eocaen des Kienthals.

Von Ed. Gerber (Bern).

Ueber das Kienthal besitzen wir nur eine unvollständige Darstellung von Mösch (*Lieferung XXI und XXIV zur geologischen Karte der Schweiz*) und eine Notiz von Bertrand und Golliez (*Bulletin de la Société géologique de France, 1897*).

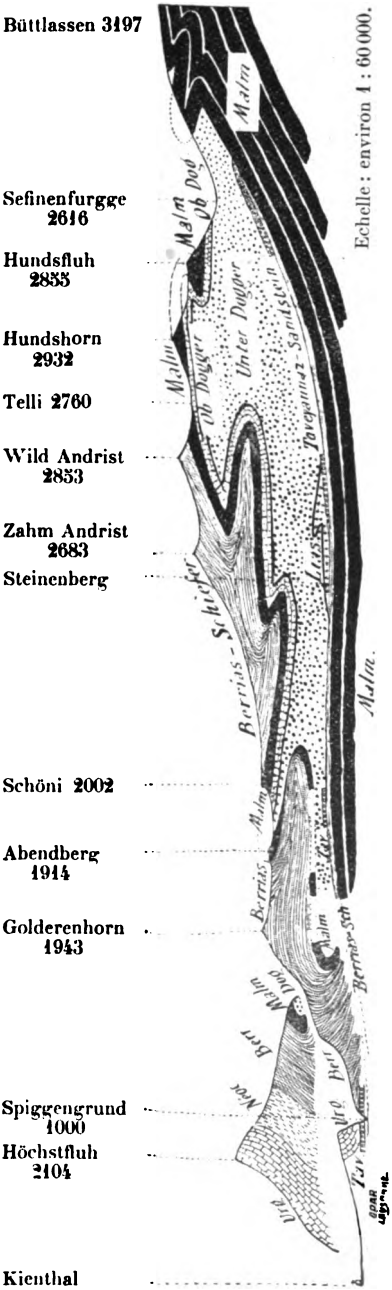
Trotz dieser dankenswerten Arbeiten fehlt uns aber eine auf systematischer Kartierung fussende gründliche, tektonische Darstellung der Gegend. Im Sommer 1901 wurde mir daher von Hrn. Prof. Dr. Baltzer in Bern dies Gebiet zur geologischen Bearbeitung überwiesen. Die hauptsächlichsten Resultate meiner bisherigen Untersuchungen mögen vorläufig durch ein Profil veranschaulicht werden, das sich vom Büttlassen in nordwestlicher Richtung bis zum Dörfchen Kienthal hinzieht. Dabei kommt uns für die Aufschlüsse der tiefe Einschnitt des Haupttales wohl zu statten. Am nordwestlichen Ende des Schnittes ist noch ein Parallelprofil durch die Höchstfluh gezeichnet, um die dortigen Verhältnisse im Streichen nach Nordosten klar zu legen.

Wir können leicht zwei Schichtenkomplexe unterscheiden, von denen jeder normale Lagerung aufweist.

Der untere Komplex oder die Basis lässt drei Glieder erkennen, nämlich Malm, Berrias-Schiefer und Eocaen.

Der Malm beginnt oben am Büttlassen und zieht sich dann in leichtem Fallen gegen Nordwesten bis fast zum Westfuss des Golderenhorns. Am Büttlassen zeigt er grosse liegende Falten, die durch die Herren Prof. Baltzer und Helgers von Gimmelwald aus beobachtet wurden. Hinten im Gamchi zeichnet er sich durch schiefrige Struktur und kleine Fältelungen aus. Weiter vorn im Tal wird er kompakter und bildet die Plateaux, auf welchen die Weiden von Steinenberg und Gorneren zum Teil liegen. Dort ist die ziemlich horizontal liegende Malmschicht hufeisenförmig ausgenagt, so dass der ebene Talboden des Tschingel überall ausser im Nordwesten von steilen Felswänden eingeschlossen wird, ein charakteristischer Erosions-Cirkus. Ueber die Abstürze her-

Digitized by Google



Cl. 14. — Querprofil auf der Nordostseite des Kienthals.

unter brausen die Wasser des Gornerenbaches und des Dündenbaches. Der Malm dieser Stelle ist mechanisch verändert, marmorisiert.

Die über dem Malm gelagerten Schiefer müssen als Berrias-Schiefer betrachtet werden, obschon die paläontologischen Beweise fehlen. Hingegen stimmt das petrographische Aussehen des Gesteins bei der Alp Unterdürrenberg so mit dem Berrias der Bundalp überein, dass diese Annahme die grösste Wahrscheinlichkeit besitzt. Auffallend ist die geringe Mächtigkeit, auf die ich später zurückkomme.

Als drittes Glied folgt das Eocaen, hauptsächlich vertreten durch den leicht zu erkennenden Taveyannaz-Sandstein. Ich habe ihn an drei Punkten anstehend angetroffen, nämlich am Dürrenschafberg, bei Gorneren und beim Eingang in den Spiggengrund. Das erstgenannte Vorkommen dieses hochinteressanten Gesteins bietet einen imposanten Anblick. Schon von weitem erkennt man die 3 Km. lange Decke an der durch Flechten hervorgerufenen rötlichbraunen Farbe, am Mangel weiterer Vegetation

Digitized by Google

und an der eckigen Struktur. Leider habe ich das Untertauchen des Taveyannaz-Gesteins unter den Dogger nur bei der Alp Bürgli beobachten können. Dort zieht es sich keilförmig durch den Wald bis fast zu den Weiden von Obersteinenberg und ist überlagert von Quarzsandstein, der, wenn auch keine Nummuliten gefunden wurden, doch vollkommen übereinstimmt mit den Nummuliten-Sandsteinblöcken, die sich beim benachbarten Bundsteg finden. In der Gorneren ist der Taveyannaz-Sandstein schwach entwickelt. Im Weg findet man recht häufig lose Blöcke. Beim Eingang in den Spiggengrund endlich ist er wieder mächtig anstehend vorhanden und dabei von hellen Flysch-Schiefern begleitet.

Der obere Schichtenkomplex zeigt in grossartiger Weise das Phänomen liegender Falten. Wir treffen hier nacheinander von unten nach oben Lias, untern Dogger, obern Dogger, Oxford, Malm, Berrias-Schiefer, Neocom und Urgon.

Die Tektonik dieser liegenden Falten ist am besten am Malm ersichtlich. Zwischen der Sefinenfurgge und dem Golderenhorn können wir nicht weniger als acht Umbiegungen konstatieren. Dass es sich nicht nur um lokale Umbiegungen handelt, beweist der Umstand, dass einige derselben im Streichen 1 ½ Km. nach Nordosten verfolgt werden können.

Unter dem Malm der Bockspfäde (unterhalb den Gipfeln des Wild-Andrist und Zahm-Andrist) findet sich der obere Dogger in Form der typischen Spatkalke mit Belemniten. Zwischen dem Hochgebirgskalk und dem obern Dogger finden wir Schiefer und helle, Pyrit führende Kalke, die ich dem Transversariushorizont zurechnen möchte. Typisches Oxford mit verkiesten Ammoniten treffen wir sofort im Streichen östlich vom Hundshorn, beim Roten Herd. Der untere Dogger ist hauptsächlich repräsentiert durch die bekannten knorrigen und wulstigen Eisensandsteine des alpinen Bajociens. Er bildet die grossen Schafweiden zwischen Dürrenberg und Abendberg.

Die Felswände über den Weiden von Untersteinenberg und Obersteinenberg gehören dem Lias an, was durch eine Anzahl Petrefakten festgestellt werden konnte:

Pentacrinus tuberculatus, Miller.
Gryphaea arcuata, Lam.
» obliqua, Sow.
Belemnites Oosteri, Mayer-Eymar.
» Oppeli, M.-E.

Digitized by Google

Die Berrias-Schichten enthalten bei der Schöni Versteinerungen. Auch die Gipfel des Zahm-Andrist, Wild-Andrist und Golderenhorns dürften nach Gestein und Tektonik dieser Stufe zugehören. Gegen die Höchstfluh tritt Neocom auf, und dieses ist überlagert von den steil aufgerichteten Urgonbänken. Leider ist die Basis der Höchstfluh mit Ausnahme des Einganges in den Spiggengrund durch Schutthalden verdeckt. Hingegen ruht das Urgon der nördlich gelegenen Standfluh und des Engel plattenartig auf Flysch mit Taveyannaz-Einlagerungen. Diese eocaene Grundlage ist auf der geologischen Karte in 1 : 100,000 irrtümlicherweise mit « Ibergschichten » bezeichnet.

Soweit die Beobachtungen zu diesem Profil. Wie lässt sich nun die Tatsache zweier Schichtenkomplexe mit normaler Lagerungsweise erklären? Wir können darüber zwei Hypothesen aufstellen, nämlich die Hypothese einer Ueberschiebung oder aber die Hypothese einer einzigen grossen liegenden Falte. Nach der ersten Erklärungsweise müsste der Schub von Südost nach Nordwest erfolgt sein. Die auffallende Marmorisierung des Malm der Grundlage, die man besonders beim Aufstieg nach Hotel Blüemlisalp auf dem neuen Weg gut studieren kann, erklärt sich mechanisch durch Auswalzung unter Belastung durch die Decke. Desgleichen die merkwürdig geringe Mächtigkeit der Berrias-Schiefer. Wohl mag eine Ueberschiebung von 10 Km. Länge Bedenken erregen; hingegen wird dadurch den bisherigen Beobachtungen kein Zwang angetan.

Für die zweite Hypothese sind die notwendigen Reste eines ausgequetschten Mittelschenkels noch nicht gefunden worden. Ebensowenig könnten Andeutungen gemacht werden, ob die liegende Falte nach Norden oder nach Süden geöffnet sei. Hingegen gewinnt die Annahme einer liegenden Falte an Wahrscheinlichkeit, wenn man die in der Streichrichtung vorhandenen Profile durch die Männlichenkette-Jungfraustock im Osten und durch das Doldenhorn im Westen ins Auge fasst.

Es bleibt nun abzuwarten, welche von den aufgestellten tektonischen Hypothesen, die man als einen vorläufigen Erklärungsversuch auffassen möge, sowohl durch meine weitern Untersuchungen, als auch namentlich durch die im Gange befindlichen Arbeiten der Herren Helgers und Trösch in den benachbarten Gebieten ihre Bestätigung findet oder nicht.

Geologisches Institut Bern, 15. November 1902.

Digitized by Google

COMPTE-RENDU

de la

VINGT-ET-UNIÈME RÉUNION ANNUELLE

DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE

le 9 septembre 1902, à Genève.

A

RAPPORT ANNUEL DU COMITÉ

sur l'exercice 1901-1902.

Messieurs,

La vie calme et paisible de notre Société n'a nécessité cette année que deux séances du comité, l'une à Berne le 9 mai, et l'autre à Genève le 8 septembre 1902.

Personnel. — Les mutations parvenues à notre connaissance sont les suivantes :

a) Un décès : Nous avons perdu le 12 mai l'un de nos membres fondateurs, Dr Edmond de Fellenberg, si dévoué à notre Société, et longtemps membre du comité.

b) Trois démissions, celles de MM. Tetmayr, Von der Crone, Egger.

c) Onze adhésions nouvelles, savoir :

MM. Leuthardt Dr Franz, Bezirkslehrer, Liestal (Baselland).
Amsler Alfred, Stalden bei Brugg (Aargau).
Hess Dr Walter, Oberlehrer, Mühlhausen (Elsass).
Holland Friedrich, Oberförster, Heimersdingen bei Dietzingen (Wurtemberg).
Engel Dr Theodor, Pfarrer, Klein-Eislingen (Wurt.).
Kantons-Bibliothek von Aarau (Aargau).
Bourquin Jules, licencié es sciences, Locle (Neuchâtel).
Clerc Modeste, cand. géol., Labor. Univers., Genève.

Digitized by Google

Departement of Mines and Agricultury of New South-Wales, Sydney.
Jooss, Carlo, geolog., 84, Rothebühlstrasse, Stuttgart.
Wernecke, Heinrich, Kgl. Oberbergamtsmarkscheider, Dortmund.

Notre augmentation de l'année est ainsi de 7, ce qui porte notre effectif total à 248 membres, dont 38 impersonnels.

Comptabilité. — Notre caissier, M. le prof. F. Mühlberg, nous transmet le résumé suivant des comptes au 30 juin 1902, qu'il a soumis à MM. les contrôleurs :

Recettes.

223 cotisations 1901-1902	Fr.	1116 30
10 » anticipées	»	49 20
1 » à vie	»	100 —
7 finances d'entrée	»	35 —
Donation de M. Flournoy	»	2000 —
Vente de publications (*Eclogæ*, etc.)	»	136 —
Excédent de l'excursion de 1901	»	3 —
Intérêts perçus	»	142 50
Produit de l'exercice	Fr.	3582 —
Reliquat au 30 juin 1901	»	1487 75
Total disponible	Fr.	5069 75

Dépenses.

Eclogæ et impressions diverses	Fr.	1870 50
Indemnités de route du comité	»	71 65
Frais de ports et de bureau	»	41 47
Dépenses effectives	Fr.	1983 62
Mis au fonds de réserve	»	2100 —
Solde à compte nouveau	»	986 13
Total égal	Fr.	5069 75

Comme vous le voyez, nos dépenses sont restées de Fr. 208,38 inférieures au budget, et nous laissent un assez joli solde en caisse. Vous remarquerez aussi Messieurs le beau don, fait à notre Société par un membre généreux, qui a droit à toute notre reconnaissance. Par celui-ci, et par la capitalisation d'une cotisation à vie, notre fonds de réserve se trouve accru de 2100 francs et porté au chiffre de 4400 francs.

Digitized by Google

Le comité vous propose le budget suivant pour les dépenses de l'exercice commencé.

Publication des *Eclogæ*, etc.	Fr.	2000 —
Indemnité de route du comité.	»	70 —
Frais de ports et de bureau	»	60 —
Eventualités	»	70 —
Total	Fr.	2200 —

Publications. — Nous avons fait paraître pendant l'exercice les trois premiers fascicules du volume VII des *Eclogæ*. Le N° 1 (juillet) contient la Revue géologique de 1900; N° 2 (octobre 1901) le compte-rendu de la réunion de Zofingue et diverses notices; le N° 3 (février 1902) comprend le récit de l'excursion dans le Jura en 1901, plus trois notices.

Excursions. — Pour notre réunion de cette année à Genève, nous avons prié M. le professeur Ch. Sarasin d'organiser une excursion dans les Alpes de la Savoie. Cette excursion aura lieu du 11 au 14 septembre sous la conduite de M. Sarasin. Le programme dépose sur le Bureau, et a été envoyé à tous ceux qui l'ont demandé d'avance. Une planche de profils sera en outre distribuée à tous les participants, et paraîtra plus tard dans les *Eclogæ*, avec le récit de l'excursion. Nous espérons que celle-ci sera bien fréquentée et très fructueuse.

L'excursion annuelle de la *Société géologique de France*, qui coïncide malheureusement avec la nôtre, aura lieu dans la partie alpine du département des Alpes-Maritimes, du 9 au 19 septembre. Le programme en est déposé sur le Bureau.

Congrès internationaux. — Le 9me congrès international aura lieu en 1903 à Vienne (Autriche). Une circulaire d'invitation du 12 juin 1902 donne la composition du comité d'organisation et la liste des Excursions proposées, au nombre de 13. Le comité exécutif nous a demandé les publications du Congrès de 1894, et nous a promis en échange les volumes des Actes du futur Congrès.

Un autre congrès international aura lieu ce mois à Grenoble, intitulé *Congrès d'hydrologie, climatologie et géologie;* il s'ouvrira le 29 courant. Nous en tenons le programme à la disposition des amateurs.

Digitized by Google

Propositions. — Nous terminons en priant la Société géologique suisse de procéder aux opérations statutaires suivantes :

a) Approbation de la gestion du Comité pour l'exercice écoulé, ainsi que des comptes de notre caissier.

b) Nomination d'un membre du comité en remplacement du regretté EDM. DE FELLENBERG.

c) Election de deux contrôleurs et d'un suppléant, pour l'exercice en cours.

Pour le Comité,
Le président : E. RENEVIER, prof.

B

Vingt et unième assemblée générale
DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE

le 9 septembre 1902, *à l'Université de Genève.*

1re partie. — Séance administrative.

La séance est ouverte à 8 h. du matin par M. RENEVIER, président.

Sont présents une douzaine de membres.

1. *Rapport annuel.* — M. le président donne lecture de son Rapport annuel sur la marche de la Société, rapport qui paraîtra imprimé dans les *Eclogæ*.

2. Le *Rapport des vérificateurs des comptes*, MM. LUGEON et BODMER-BEDER, constate leur exactitude, la bonne tenue des livres du comptable et l'accroissement du fonds de réserve, grâce au don généreux de M. Flournoy.

3. *Approbation de la gestion et corroboration des comptes.* — Ces deux rapports, mis en discussion, sont approuvés par l'assemblée, avec remerciements au comité pour la gestion et au caissier pour sa comptabilité, dont il lui est donné décharge.

4. *Election d'un membre du Comité.* — M. le président annonce la mort d'un des fondateurs de la Société et membre

Digitized by Google

du Comité, M. EDMOND VON FELLENBERG, que l'assemblée est appelée à remplacer dans cette dernière qualité. Il rend hommage aux excellentes qualités et au souvenir de ce confrère et demande des propositions pour son remplacement. — MM. A. BALTZER et CH. SARASIN sont proposés. — On procède au scrutin secret; 12 bulletins délivrés, 12 rentrés; majorité 7: M. SARASIN obtient 9 voix et est déclaré élu comme membre du comité.

M. le président annonce que M. SARASIN se chargera désormais seul de la rédaction de la *Revue géologique* et remarque que son contact plus étroit avec le Comité sera à ce titre fort utile.

5. *Election de nouveaux contrôleurs* pour l'année 1902-03. M. BODMER-BEDER ayant fonctionné comme tel pendant deux ans doit être remplacé; sont élus MM. LUGEON, de Lausanne, et D. STEHLIN, de Bâle; suppléant, M. KÖTTGEN, de Liestal.

6. *Exposition géologique.* — M. Renevier annonce que M. MINOD a organisé une exposition d'objets relatifs à la géologie, la paléontologie et la minéralogie et qu'il se tient à la disposition des géologues au *Comptoir minéralogique et géologique*, 3 Cours des Bastions, Genève.

La séance administrative est terminée à 9 heures.

Le secrétaire, Dr HANS SCHARDT.

2de partie. — Travaux scientifiques.

Section géologique du Congrès helvétique de Genève.

Président: M. le prof. ED. BRUCKNER (Berne).

Secrétaires: MM. prof. H. BAUMHAUER (Fribourg) et JOUKOWSKY (Genève).

1. M. le prof. H. SCHARDT parle de l'Avalanche du glacier de Rossboden (19 mars 1901) et illustre son exposition par beaucoup de photographies et par une grande carte au 1 : 3000.

2. M. le Dr PIERRE LORY, de Grenoble, fait ressortir l'analogie qui existe entre le Lias des Alpes calcaires de la Suisse et le Calcaire à entroques des Alpes françaises.

Digitized by Google

Puis il décrit un cas intéressant d'Epigénie glaciaire dans le cours moyen du Drac.

3. M. le prof. H. BAUMHAUER fait une communication sur les Minéraux du Binnenthal (Haut-Valais) et une seconde sur la cristallisation de la Lépidolite.

4. M. le prof. FOREL parle des poussières éoliennes tombées en Suisse en 1902, qui ne sont point attribuables aux volcans des Antilles, comme on l'avait supposé.

5. M. le prof. BRÜCKNER parle de la morphologie du plateau suisse et du Jura.

6. M. le prof. CH. SARASIN donne un aperçu sommaire de la stratigraphie et de la tectonique de la Région des Bornes, des Annes et des Aravis, où devait se faire l'excursion annuelle de la Société, abandonnée faute d'un nombre suffisant d'inscriptions.

7. M. le prof. LUGEON donne quelques renseignements complémentaires sur le Massif des Annes.

8. M. le prof. A. ROSSEL (Soleure) parle des réactions chimiques dans les éruptions volcaniques, expliquées par les produits obtenus dans les fours électriques.

9. M. le prof. SCHARDT présente diverses remarques au sujet de la conférence de M. LUGEON, de la veille, sur l'Orogénie des Alpes.

10. M. le prof. LUGEON maintient sa manière de voir sur la superposition des nappes de recouvrement du Balmhorn.

11. M. A. BRUN expose ses observations faites en 1902 sur les glaciers du Spitzberg.

12. M. le prof. H. F. REID, de Baltimore, présente de belles photographies, démontrant la stratification des glaciers.

13. M. le Dr G.-H. STEHLIN, de Bâle, dépose deux notices, qu'il n'a pas le temps de présenter:

1° Sur la classification de l'Oligocène et du Miocène de la Suisse.

2° Sur la faune sidérolitique du Mont-de-Chamblon près d'Yverdon.

Digitized by Google

C

Programme
des excursions de la Société géologique suisse [1]

après la Réunion annuelle
de la Société helvétique des sciences naturelles, à Genève,
du 11-14 septembre 1902.

Mercredi 10 septembre.

Départ de Genève pour Saint-Pierre de Rumilly, à 5 h. 24 (gare des Vollandes). Couchée à Saint-Pierre de Rumilly.

Jeudi 11 septembre.

Départ de Saint-Pierre de Rumilly, à 5 heures. Vers le Pont du Borne, voûte d'Urgonien, supportant directement de la moraine latérale du glacier de l'Arve, avec de nombreux blocs de protogine du mont Blanc. Cette voûte supporte sur son flanc S du Flysch schisteux, puis des grès micacés du Macigno.

Ensuite, traversée d'un deuxième anticlinal formé d'Urgonien et d'Hauterivien. L'Urgonien chevauche en couches légèrement renversées sur le Flysch; il présente le faciès de calcaire gris à Requienies. L'Hauterivien se compose de calcaires noirs en bancs, alternant avec des marnes schisteuses. Au cœur de l'anticlinal affleure un gros banc de calcaire dur de l'Hauterivien inférieur. Le jambage S de l'Urgonien présente une structure compliquée qui résulte de plusieurs chevauchements secondaires. On peut voir d'abord des lames alternantes d'Urgonien et d'Hauterivien, et une véritable brèche de dislocation, formée par des débris de ces deux étages; ensuite, vient un banc compact d'Urgonien, sur

[1] Faute d'inscriptions en nombre suffisant, ces excursions n'ont pu avoir lieu.

Digitized by Google

lequel reposent des grès verts du Gault ; ceux-ci sont chevauchés par la série complète de l'Urgonien, qui se décompose comme suit : *a*) calcaire gris clair à Requienies, *b*) calcaire brunâtre à polypiers, *c*) calcaires clairs oolithiques avec bancs de grès.

L'Urgonien forme plus loin un grand synclinal, dont le fond est au niveau du torrent et qui est rempli de Flysch. Ensuite, les couches se relèvent, pour former le flanc N de l'anticlinal du Brezon (pointe d'Andey).

La route s'engage depuis là dans l'Hauterivien (gisement fossilifère, au-dessus de la route, avec *Exogyra Couloni* et *Toxaster complanatus*). Vue sur les plis de l'Urgonien au-dessus. Près du torrent, au-dessous de Saxiat, affleurements dans les marnes valanginiennes et berriasiennes, et dans les calcaires compacts, en bancs minces du Jurassique supérieur.

Arrivée au Petit-Bornand. Arrêt et léger repas.

Ensuite, montée à Cenise, d'abord à travers un grand éboulement d'Urgonien, descendu des Rochers de Leschaux, puis à travers un banc puissant d'Urgonien. Avant d'arriver aux chalets de Cenise, on suit une combe de Gault (grès noirs), entre des rochers urgoniens et les calcaires gris clairs en bancs minces du Crétacique supérieur.

Déjeuner à Cenise, à midi.

Depuis Cenise, on suit le flanc S de l'anticlinal de Leschaux, dont l'axe s'abaisse d'abord lentement, puis très brusquement vers la vallée de l'Arve. Profil complet à travers les formations crétaciques et tertiaires. *a*) Urgonien supérieur, formé de calcaires oolithiques blancs, avec bancs de grès blancs ; *b*) Aptien, représenté par des grès tendres à *Ostrea aquila* ; *c*) Argiles noires schisteuses de l'Albien inférieur ; *d*) grès verts ou noirs de l'Albien fossilifère (*Acanthoc. Milletianum*, *Hopl. regularis*, *Inoceramus concentricus*, *Avellana incrassata*, *Terebratula Dutemplei*, etc.) ; *e*) calcaire à grain très fin, gris clair, en bancs minces remplis de silex, du Crétacique supérieur ; *f*) calcaire noir ou brunâtre rempli de petites nummulites ; *g*) schistes marno-calcaires du Flysch.

Sur le plateau des Bourgets, plusieurs petites failles coupent transversalement l'anticlinal, provoquant chaque fois un abaissement de la lèvre du côté W.

En descendant du mont Saxonnet vers le village de Saxonnet, l'on peut voir les couches urgoniennes plonger bientôt verticalement avec le Gault qu'elles supportent. Le Crétacique supérieur est laminé et le Gault est couvert directement par

Digitized by Google

un synclinal de Flysch. Celui-ci est supporté par un genou de Crétacique supérieur dont les couches plongent d'abord faiblement vers le SE, puis presque verticalement vers le NW. Ensuite vient un nouveau synclinal de Flysch, supporté par un nouveau genou formé de Nummulitique, de Crétacique supérieur, de Gault et d'Urgonien. Enfin, on entre dans le grand synclinal de Flysch de Brezon.

Descente en voiture de Saxonnet à Cluse ; vue sur la fin de l'anticlinal Leschaux.

Couchée à Cluse : hôtel National.

Vendredi 12 septembre.

En montant de Cluse à Nancy et la Frasse, on fait une coupe complète à travers l'anticlinal des Vergys-Montagne de Cluse. En sortant de Cluse, on traverse les parois d'Urgonien, plongeant presque verticalement vers le NW et traversées par d'innombrables plans de glissement. Le cœur de l'anticlinal est formé par l'Hauterivien, que l'on traverse jusqu'à Nancy. A la Frasse affleure l'Urgonien, qui plonge faiblement vers le SE, puis le Gault. Dans le bois, au-dessus du village, on trouve le Crétacique supérieur et le Nummulitique. Ensuite, on suit un synclinal de Flysch (synclinal du Reposoir) jusqu'à Romme.

Arrêt à Romme, puis descente sur Pralon dans le Flysch.

Dîner à Pralon.

Après-midi, excursion sur le flanc N de la Klippe d'Almet. Montée à la Touvière en suivant le Flysch. Un peu au-dessous des chalets, dans un ravin, on observe la coupe suivante : *a*) à la base des schistes marneux du Flysch plongeant vers le S ; *b*) une couche très laminée de calcaire gris à grain fin du Crétacique supérieur ; *c*) des grès et des conglomérats qui renferment de nombreux galets de calcaires et de silex (ces poudingues considérés par Maillard comme triasiques, diffèrent très nettement des conglomérats du Trias et renferment des galets qui rappellent absolument les calcaires urgoniens ; ils paraissent appartenir au Flysch) ; *d*) une mince couche d'argiles schisteuses (Trias ou Flysch) ; *e*) des calcaires noirs en bancs alternant avec des lits marneux de l'Infralias.

Le pâturage au-dessus de cet affleurement est couvert par un petit éboulement. Au-dessus, au bas des rochers, affleure une zone mince d'argiles rouges du Trias supérieur, plongeant vers le S. Les rochers au-dessus sont formés par les bancs de

Digitized by Google

calcaires noirs du Rhétien et par le Lias, qui dessine un synclinal bien visible déjeté vers le N. Le Lias est formé de calcaire compact, gris, en bancs minces, avec des sections de Bélemnites.

Couchée à Pralon, hôtel de la Pointe-Percée.

Samedi 13 septembre.

La vallée qui monte de Pralon vers le col des Annes est entaillée dans le flanc NW de la chaîne pointe Percée-Aravis. Le thalweg est formé d'abord par le Crétacique supérieur, puis le torrent entame le Gault et l'Urgonien. Avant d'arriver à Sommier dessous, un affleurement fossilifère de Gault avec *Holaster laevis*, *Terebratula Dutemplei*, *Hoplites regularis*, etc.

Près du chalet de Sommier, le chemin traverse le Crétacique supérieur, puis il coupe le Nummulitique, sur lequel repose les schistes marno-calcaires du Flysch. Ensuite, beaux affleurements de grès mouchetés et de conglomérats du Macigno.

De la Pointe-Percée au col des Annes et à la pointe d'Almet, beau profil, indiquant les relations entre la klippe d'Almet et la chaîne des Aravis. Le versant NW de la pointe Percée est formé par l'Urgonien, plongeant vers le NW et supportant en concordance le Gault, le Crétacique supérieur, le Nummulitique, le Flysch schisteux et le Macigno. Ce dernier est recouvert par du Trias, qui plonge également vers le NW et qui se décompose comme suit : *a*) marnes schisteuses avec lits charbonneux, *b*) cornieules, *c*) argiles rouges. Le village des Annes est sur les cornieules ; les argiles rouges affleurent au-dessus et sont surmontées par les calcaires noirs avec lits marneux et bancs lumachelliques du Rhétien, tandis que le Lias forme la plus grande partie de la pointe d'Almet.

Arrêt et déjeuner au col.

Entre le col des Annes et les chalets de Maroly, chevauchement très net du Trias d'Almet sur le Trias et le Rhétien de la klippe de Lachat.

L'arête qui conduit du col des Annes à la pointe de Lachat est formée par un pli couché vers le SE, avec plongement isoclinal vers le NW. L'arête même est sur le Rhétien, au-dessous duquel apparaissent les argiles rouges et les cornieules ; puis, sous ces dernières, réapparaissent les argiles rouges et le Lias. Au bord du ravin, près des chalets de la

Digitized by Google

Duche, on voit, à proximité immédiate, les argiles rouges du Trias, plongeant au NW, et le Flysch, plongeant au SE.

Descente au Grand-Bornand, en suivant le synclinal du Flysch ; au S du chemin, petite voûte urgonienne qui représente la fin de l'anticlinal de la Clusaz.

Au-dessus du Grand-Bornand, une faille coupe transversalement la chaîne des Vergys, mettant en contact le Flysch schisteux et l'Urgonien. Celui-ci supporte la série complète du Gault, du Crétacique supérieur, du Nummulitique et du Flysch, avec plongement général vers le SE.

Eventuellement, visite des failles qui délimitent le petit effondrement transversal de la Frasse.

Vers les chalets du Plane, affleurement de calcaire nummulitique, avec de nombreuses nummulites, des polypiers et de grandes huîtres. Ce Nummulitique repose plus haut, dans le bois, sur le Crétacique supérieur, qui est supporté, à son tour, par le Gault et l'Urgonien. Ce dernier, qui affleure sous le chalet du Planay, est séparé, du côté du NE, par une faille d'une couche de Flysch. Un peu au N, une arête rocheuse, qui descend des rochers de Forcle, est formée de Crétacique supérieur et de Nummulitique; elle est séparée de la combe de Flysch du S par une flexure transversale très marquée ; vers le N, elle supporte normalement du Flysch qui butte par une faille contre les parois urgoniennes du versant S de la pointe des Tours.

Souper et couchée au Grand-Bornand, hôtel Gaillard.

Dimanche 14 septembre.

Entre le Grand-Bornand et Saint-Jean de Sixt, on marche constamment sur le Flysch inférieur schisteux; dans les environs de ce dernier village, affleurent des grès grossiers passant aux conglomérats du Macigno, qui plongent d'abord au SE, puis dessinent un synclinal, pour plonger finalement au NW. Ensuite, le Flysch schisteux réapparaît sous le Macigno, et aux Lombardes une exploitation a mis à jour un gisement de calcaire nummulitique rempli de petites Nummulites et de grandes huîtres (faciès identique à celui de Plane).

L'anticlinal de la Clusaz, dans lequel la route pénètre, est formé essentiellement d'Urgonien et d'Hauterivien; les abords de la route sont, en grande partie, couverts par un éboulement. Avant d'arriver à la Clusaz, on traverse le flanc S de l'anticlinal, formé par les calcaires à Requienia de l'Urgo-

Digitized by Google

nien, plongeant au SE, sur lesquels repose directement le Nummulitique avec Nummlites et grandes huîtres. Le village de la Clusaz est sur le Flysch inférieur. A l'E, un éboulement important de Nummulitique s'est produit par glissement de ces couches sur l'Urgonien.

Au S de la Clusaz, la route des Aravis traverse un grand synclinal de Flysch schisteux et de Macigno. Ces formations se relèvent contre le flanc de la chaîne des Aravis, puis, au-dessous d'elles, apparaissent, plongeant vers le NW, le Nummulitique, le Crétacique supérieur et le Gault; l'Urgonien forme de grandes parois rocheuses sur le versant N du Rocher de l'Etale. L'Hauterivien affleure sous l'Urgonien ; il est formé par des alternances de calcaires noirs et de marnes schisteuses, et à la base par un banc dur de calcaire noir.

Les environs de l'auberge des Aravis sont formés par les marnes feuilletées du Valangien et du Berriasien. Depuis le col, belle vue sur le Rocher de l'Etale, dont le flanc N est rompu par un décrochement qui fait chevaucher l'Hauterivien sur l'Urgonien et le Gault.

En descendant du col des Aravis à la Giettaz, on traverse la série normale du Jurassique supérieur, plongeant vers le NW, qui se décompose comme suit : 1° Calcaires compacts, bleu foncé, en bancs minces, qui représentent le Portlandien, le Kimeridgien et probablement le Séquanien ; 2° Marnes schisteuses noires, qui correspondent à l'Oxfordien et au Callovien.

Le Dogger affleure dans les environs de la Giettaz, sous formes d'alternances de bancs calcaires minces et de marnes schisteuses. Un peu au-dessous de la Giettaz, la route s'engage dans le Lias, qu'elle suit jusqu'à l'entrée de Flumet. Celui-ci est composé de schistes marneux, devenant ardoisiers à la base (exploitation d'ardoises avant d'arriver à Flumet).

De Flumet à Sallanches, descente en voiture. Dans les environs de Flumet schistes cristallins, redressés presque verticalement et supportant en discordance les couches peu inclinées du Trias. Celui-ci est formé à la base de quartzites et de conglomérats à éléments granitiques et de cornieules. Des grès rouges du Carbonifèrien forment des synclinaux écrasés et laminés dans les schistes cristallins. Beau contact entre le cristallin et le Trias, au pont à 2 km. de Flumet.

Départ de Sallanches pour Genève, à 7 h. 16. Arrivée à Genève (gare des Vollandes) à 10 h. 36.

Digitized by Google

Liste bibliographique relative à la région.

1779-1796. H. B. DE SAUSSURE. Voyage dans les Alpes.
1858. A. DE MORTILLET. Géologie et minéralogie de la Savoie. (*An. de la Chambre royale d'agric. et du commerce de Chambéry.*)
1859. A. FAVRE. Mémoire sur les terrains liasiques et keupériens de la Savoie. (*Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, t. XV.)
1861. A. FAVRE. Notice sur la réunion de la Soc. géol. de France en Maurienne, en 1861. (*Arch. des sc. phys. et nat. de Genève.*)
1861. Ch. LORY. Procès-verbaux de la réunion extraordinaire et des excursions de la Soc. géol. de France dans la Maurienne et le Briançonnais. (*Bull. Soc. géol. de France*, 2e série, t. XVIII.)
1867. A. FAVRE. Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du mont Blanc. (3 vol., 1 atlas.)
1874. Ch. LORY. Essai sur l'orographie des Alpes du Dauphiné et de la Savoie, considérée dans ses rapports avec la structure géologique de ces montagnes. (*Annuaire du C. A. F.*, 1874.)
1877. Ch. LORY. Caractères distinctifs du Permien et du Trias dans les Alpes et dans les autres régions. (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. V.)
1884. W. GERSHOM COLLINGWOOD. The limestone Alps of Savoy; a study in physical geology. (1 vol. 8°.)
1889. D. HOLLANDE. Étude sur les dislocations des montagnes calcaires de la Savoie. (*Bull. Soc. d'hist. nat. de Savoie.*)
1889. G. MAILLARD. Note sur la géologie des environs d'Annecy, la Roche, Bonneville et de la région comprise entre le Buet et Sallanches. (*Bull. Serv. Carte géol. de France N° 6.*)
1891. G. MAILLARD. Note sur diverses régions de la feuille d'Annecy. (*Bull. Serv. Carte géol. de France N° 22.*)
1892. E. HAUG. Sur la formation de la vallée de l'Arve. (*C. R. Acad. des sciences Paris*, 21 nov.)
1892. E. HAUG. Continuation vers le S des plis de la Dent du Midi. (*C. R. des séances de la Soc. géol. de France*, p. 174.)
1894. E. HAUG. Les zones tectoniques des Alpes de Suisse et de Savoie. (*C. R. Acad. des sciences Paris*, 19 mars.)

Digitized by Google

1894. L. Duparc et E. Ritter. Les formations du Carbonifère et les quartzites du Trias dans la partie nord-ouest de la première zone alpine. (*Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève*, t. XXXII.)
1895. E. Haug. Etude sur la Tectonique des hautes chaînes calcaires de Savoie (*Bull. Serv. Carte géol. de France N° 44.*)
1897. E. Ritter. La bordure sud-ouest du Mont-Blanc, les plis couchés du mont Joly et de ses attaches. (*Bull. Serv. Carte géol. de France N° 60.*)

Cartes géologiques.

1862. Alph. Favre. Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse, voisines du Mont-Blanc, au 1 : 150 000.
1894. Carte géologique de France. Feuille au 1 : 80 000. Annecy 160 *bis*.
1897. Carte géologique de France. Feuille au 1 : 80 000. Albertville 169 *bis*.

D

Rapport de la Commission géologique

à la Société helvétique des sciences naturelles

pour l'année 1901-1902.

Pendant cette année, la Commission a eu deux séances, le 7 décembre 1901 et le 10 mai 1902.

Pour l'exercice de 1902, un crédit de 15 000 francs nous a été accordé par les autorités fédérales.

En 1901-1902, la **publication** suivante a été terminée et expédiée :

Livraison XI, nouvelle série des Matériaux. — Buxtorf. *Geologie der Umgebung von Gelterkinden.* Ce travail comprend IX + 106 pages, une carte géologique au 1 : 25 000 et deux planches de profils.

En fait de **textes en préparation** pour la première série des *Matériaux*, il y en a encore deux qui ne sont pas achevés :

1. *Livraison XXVI* (texte de la feuille XXIII). M. le prof. Dr C. Schmidt espère pousser ses levers pendant l'été 1902 de manière à ce qu'il puisse achever la partie septentrionale,

Digitized by Google

c'est-à-dire la région Nufenen-Simplon. Les résultats de cette première moitié seront publiés aussitôt que possible, vu le grand intérêt actuel qu'ils ont pendant la construction du chemin de fer du Simplon.

2. *Livraison XXIX : Bibliographie géologique de la Suisse.* — M. le Dr L. Rollier a fini de rassembler les matériaux pour la bibliographie et il les a déposés sur 15 à 17 000 fiches. Maintenant il s'agit encore de classer les fiches pour pouvoir commencer l'impression en 1903.

Les deux cartes suivantes sont **en revision** pour une seconde édition :

1. *Feuille VII.* — Les levers géologiques, faits par M. le Dr L. Rollier pour la partie jurassique, et par M. le Dr E. Kissling pour la partie mollassique, sont terminés. La carte est en exécution dans l'établissement topographique de J. Schlumpf à Winterthour, et elle sera terminée au commencement de 1903.

2. *Feuille IX.* — Les levers que M. le prof. Dr A. Heim a fait dans la région du Säntis, de même que les levers de MM. Heim et Oberholzer dans la vallée de la Linth, sont des préparatifs pour une nouvelle édition de la feuille IX. Il est probable que les résultats seront d'abord publiés comme cartes spéciales.

Explorations nouvelles. — Les travaux en cours, dont quelques-uns approchent de la fin, sont :

1. M. le prof. Dr H. Schardt traitera de la *Stratigraphie du Crétacique inférieur* de la région vaudoise. Ce travail servira de texte à la deuxième édition de la feuille XVI (parue en 1900).

2. Le même fait de nouvelles explorations pour une monographie des *Préalpes romandes* (Stockhornzone).

3. M. le prof. Dr M. Lugeon explore les *Hautes-Alpes à faciès helvétique* (Sanetschpass-Gemmi).

4. M. le prof. Dr Fr. Mühlberg a continué ses levers géologiques dans la région entre le Jura plissé et le Jura tabulaire. Il terminera bientôt les cartes qui formeront la suite de la carte des Lägern, parue en 1901.

5. M. le Dr Max Mühlberg, qui est de retour de Sumatra, finira l'an prochain la *Stratigraphie du Dogger dans le Jura suisse.*

6. M. le Dr E. Kissling, parti à son tour pour Sumatra, n'a pas pu avancer ses recherches sur la *Mollasse de l'Emmenthal et de Lucerne.*

7. M. le Dr A. Tobler n'est pas encore rentré de Suma-

Digitized by Google

tra, c'est pourquoi l'impression de son travail : *La zone des klippes entre Sarnen et le Mythen*, a dû être suspendue.

8. *Mouvements de terrain en Suisse.* — Le bureau de la Commission géologique continue à recueillir et à cartographier tous les phénomènes de cette sorte qu'on veut bien lui faire connaître.

9. L'impression du travail de M. T. RITTENER : *Géologie des environs de Sainte-Croix*, est presque terminée; il ne manque plus que les tables et la carte géologique[1].

10. M. le prof. Dr U. GRUBENMANN finira probablement l'année prochaine les levers de la partie cristalline des sections Tarasp et Ardez; M. le Dr CHR. TARNUZZER en a terminé la partie sédimentaire.

11. M. le Dr FR. WEBER examine les *Protogines du massif de l'Aar*, et finira cette exploration en 1902 ou 1903.

La **Kohlenkommission**, sous-commission pour la recherche de la houille, présente le rapport que voici :

« Le travail de M. le Dr E. KISSLING : *Die Molassekohlen westlich der Reuss*, est sous presse; mais l'impression a dû être arrêtée parce que l'auteur se trouve à Sumatra jusqu'à la fin de 1902.

« M. le Dr L. WEHRLI aura bientôt fini l'étude de la houille dans la *région alpine*.

« M. le prof. Dr C. SCHMIDT a donné un rapport sur les couches d'anthracite et les soi-disant schistes talqueux du Bristenstock. M. le prof. Dr FR. MÜHLBERG a étudié les dossiers des archives de Bâle, quant à l'exploitation de la houille et du bitume dans le Jura. M. le prof. Dr R. DE GIRARD a fait un rapport sur le pétrole et le bitume dans la Suisse occidentale. »

La **Commission géotechnique suisse** continue ses travaux de la manière indiquée dans notre rapport précédent. Il y a six géologues qui font les levers des *gîtes d'argiles de la Suisse*. Les spécimens d'argiles sont analysés et examinés au laboratoire de l'Ecole polytechnique (*Materialprüfungsanstalt*). Cette exploration sera bientôt terminée.

La revision de la *Carte des matières premières de la Suisse* (*Rohmaterialkarte*) avance, grâce aux travaux de MM. les prof. DUPARC et C. SCHMIDT.

Zurich, le 16 août 1902.

Pour la Commission géologique suisse :

Le président : Dr ALB. HEIM, prof.

Le secrétaire : Dr AUG. ÆPPLI.

[1] Cette livraison a paru dès lors.

Digitized by Google

Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis

par

Ch. Sarasin.

Avec Pl. 10 et 2 clichés.

Ayant été chargé par le Comité de la Société géologique suisse d'organiser l'excursion qui devait suivre la réunion de la Société, à Genève, en septembre dernier, j'ai entrepris pendant l'été l'exploration détaillée d'une région que j'avais déjà eu l'occasion de parcourir à diverses reprises et qui comprend : 1° les hautes chaînes calcaires entre la vallée du Borne, la vallée de l'Arve et le synclinal du Reposoir; 2° la klippe des Annes; 3° la région du col des Aravis et de Flumet. L'excursion de la Société géologique n'ayant pas eu lieu par suite de circonstances indépendantes de ma volonté, je voudrais exposer par ces quelques lignes à mes collègues les points principaux de stratigraphie ou de tectonique que j'avais espéré leur montrer sur place l'été dernier.

Avant de commencer la partie descriptive de cette petite note, je tiens à rendre ici un juste hommage à celui qui a contribué pour une large part à éclaircir la géologie de la région des Bornes et des Annes, je veux parler de Maillard, ce savant enlevé si jeune à la science, dont j'ai pu constater à chaque pas le talent d'observation et la scrupuleuse conscience.

1° Coupe de la vallée des Bornes, de Saint-Pierre de Rumilly au Petit-Bornand (Pl. 10, fig. 1). — Le premier affleurement que l'on rencontre en montant de Saint-Pierre de Rumilly au Petit Bornand se trouve avant le pont des gorges du Borne; la roche est un calcaire urgonien gris clair en gros banc plongeant vers le NW; nous avons affaire ici au flanc N de l'anticlinal de Dessy; vers l'W cette voûte disparaît sous les formations quaternaires; vers le NE, au contraire, l'Ur-

Digitized by Google

gonien forme de beaux affleurements et est exploité sur différents points. Au bord de la route, immédiatement après le pont sur le Borne, se voit un grand affleurement d'Urgonien en bancs plongeant vers le NW, sur lequel s'appuie la moraine latérale du glacier de l'Arve, remplie de blocs de protogine. En remontant la route entaillée dans le rocher urgonien, il est facile de voir les bancs de celui-ci prendre un plongement de plus en plus faible, s'incurver en voûte et plonger finalement vers le SE. Dans une grande carrière, qui se trouve à côté de la route, à 300 m. à peine du pont, le flanc SE de l'anticlinal de Dessy est mis à jour sur une grande surface ; au-dessus des calcaires gris en gros bancs, apparaissent ici quelques couches de grès grisâtres, associés à des calcaires marneux à Orbitolines, qui paraissent devoir représenter l'Aptien inférieur. Vers l'amont, la route pénètre ensuite dans les schistes feuilletés du Flysch inférieur, puis dans les grès du Macigno ou Flysch supérieur. Il existe donc ici, entre l'Urgonien et le Flysch, une lacune stratigraphique qui correspond au Crétacique moyen et supérieur et à l'Eocène, et qui frappe d'autant plus que, à une petite distance de là, autour des rochers de Leschaux, la série paraît être entièrement représentée.

L'anticlinal que nous venons de décrire est coupé par le Borne, qui s'y est creusé un chenal étroit aux parois abruptes ; or, si l'on examine le cours d'eau depuis l'amont, on constate que, avant de s'engager dans cette gorge, il est brusquement dévié à droite; d'autre part, sur la rive gauche, le plateau du Credo est formé par un puissant revêtement de formations quaternaires ; de l'ensemble de ces faits, il nous est permis de conclure que nous nous trouvons ici en présence d'un tronçon épigénétique de formation récente.

Le synclinal de Flysch qui suit vers le S l'anticlinal de Dessy est nettement déjeté et son flanc méridional est partiellement laminé par l'Urgonien de l'anticlinal d'Andey. L'on peut s'en convaincre facilement en examinant le contact qui est très net; en outre, il est facile de constater que le Macigno du cœur du synclinal est séparé par une épaisseur beaucoup plus grande de Flysch schisteux de l'Urgonien du N que de l'Urgonien du S.

La seconde voûte que traverse la route du Petit Bornand correspond à l'anticlinal d'Andey ; elle prend des proportions beaucoup plus importantes que la précédente et s'ouvre jusqu'à l'Hauterivien. Le flanc N est formé par les couches verticales, ou même faiblement renversées, du calcaire gris à

Digitized by Google

Requienia ammonia. Sous l'Urgonien, l'Hauterivien se compose en grande partie d'alternances de calcaire noir et de marnes schisteuses, et se termine à la base par un banc puissant de calcaire noir très dur, qui forme le cœur de la voûte. Le contact entre l'Hauterivien et l'Urgonien du jambage S est marqué par de petites dislocations secondaires qui se manifestent de la façon suivante : sur l'Hauterivien s'appuient des lames minces formées alternativement d'Hauterivien et d'Urgonien, puis une vraie brèche de dislocation, formée de débris des roches de ces deux étages; ensuite vient un banc compact d'Urgonien, qui est surmonté par une zone de grès verts très décomposés à la surface, que j'avais cru d'abord pouvoir identifier avec le Gault; mais ces grès diffèrent du Gault de la région par leur ciment beaucoup moins dur et par leur teinte beaucoup plus claire; en outre, la présence du Gault dans cette situation serait difficilement explicable; aussi, je considère actuellement cette zone de sables verts comme un remplissage sidérolithique par un bolus glauconieux d'une fente ouverte dans l'Urgonien. Au-dessus de cette bande de grès probablement sidérolithique, on trouve la série à peu près complète de l'Urgonien, qui forme une majestueuse paroi de rochers depuis sur le Scex, où elle se relie au jambage N du même pli en une voûte fermée, jusqu'au fond de la gorge du Borne, où elle se replie en synclinal.

Ce synclinal d'Urgonien rempli de Flysch, qui se poursuit vers l'E jusqu'à la vallée de l'Arve qu'il atteint à Vougy, sépare dans la vallée du Borne l'anticlinal d'Andey de celui du Brezon. La série urgonienne s'y prête bien à une classification stratigraphique et peut se subdiviser comme suit : *a*) calcaire gris clair ou blanc à requienies, *b*) calcaire brunâtre à polypiers, *c*) calcaires oolithiques gris avec bancs de grès siliceux blancs ou jaunâtres.

Après avoir traversé une zone étroite de Flysch schisteux, la route du Petit Bornand rentre dans une barre puissante d'Urgonien, dont les couches sont redressées et même renversées sur le Flysch du côté N et qui délimite la grande zone anticlinale de la Pointe d'Andey et des Rochers de Leschaux. Cette vaste voûte, dont le cœur se trouve au-dessous de Saxiad, est limité au S par le synclinal de Cenise qui atteint la vallée à plus de deux kilomètres en amont du Petit Bornand; sa surface est festonnée et se divise en deux anticlinaux, celui du Brezon ou de la Pointe d'Andey et celui des Rochers de Leschaux, séparés par le synclinal de Solai-

Digitized by Google

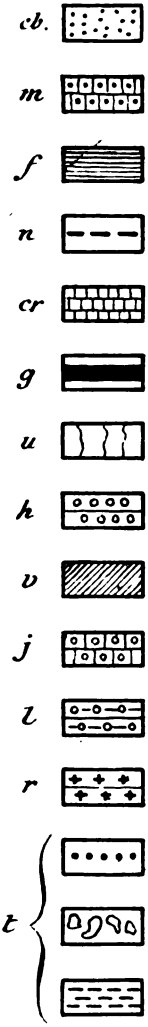
son-Saxonnet. L'anticlinal du Brezon, qui s'ouvre jusqu'à l'Hauterivien, est nettement déjeté vers le NW ; le synclinal de Solaison est intéressant par la présence ici, pour la première fois, du Gault et du Crétacique supérieur entre l'Urgonien et le Flysch ; les Rochers de Leschaux forment une voûte assez régulière d'Urgonien, flanquée de part et d'autre de grès verts albiens, de calcaires supracrétaciques, de Nummulitique et de Flysch; quant au synclinal de Cenise, il descend profondément sur le flanc de la vallée et présente vers son fond des sinuosités secondaires bien visibles.

La route du Petit-Bornand, après avoir franchi la paroi d'Urgonien du flanc NW de l'anticlinal du Brezon, pénètre dans l'Hauterivien. Ce niveau est facile à reconnaître par sa teinte foncée et par ses alternances de bancs calcaires et de lits marneux ; il renferme, en outre, en divers points des fossiles ; à une centaine de mètres au-dessus de la route, nous avons récolté en abondance des *Toxaster complanatus* et des *Ostrea Couloni*. Au-dessous de l'Hauterivien, le Valangien se distingue par son faciès de marnes grises qui deviennent feuilletées à la base. Les affleurements y sont très rares et, pour bien juger des caractères lithologiques de cet étage, il faut suivre le Borne, qui y a creusé par places de profondes tranchées. Le Valangien est particulièrement bien mis à découvert cers le pont qui, de Termine, conduit sur la rive gauche. De và, en longeant le cours d'eau vers l'amont, on traverse d'abord une zone de marnes schisteuses sans fossiles, probablement infravalangiennes, qui plongent vers le NW, puis on arrive bientôt sur un complexe de calcaires noirs en bancs minces, à grain très fin et à cassure esquilleuse qui représentent ici la partie supérieure du Jurassique. Ces calcaires sont très pauvres en fossiles; on n'en a cité jusqu'ici que des Aptychus ; nous y avons découvert un échantillon mal conservé d'Hoplites, qui paraît appartenir au type d'*Hoplites Eudoxus*. Le Malm dessine une voûte à faible courbure et plonge vers le SE sous le Valangien au-dessous du Petit-Bornand.

2° **Les Rochers de Leschaux et le Mont Saxonnet** (Pl. 10, fig. 2, 3). — En montant du Petit-Bornand vers Cenise, on commence par traverser le cône d'un grand éboulement composé essentiellement d'Urgonien, et descendu du flanc SW des Rochers de Leschaux. Le premier affleurement de roche en place que l'on rencontre est formé par une barre puissante d'Urgonien, qui correspond au flanc méridional de l'anticlinal de Leschaux et qui plonge fortement vers le SE. Après avoir traversé ce

Digitized by Google

Légende.



FEB 10 1947

Autog. J. Chappuis, Lausanne

Digitized by Google

Digitized by Google

massif calcaire, le sentier s'engage dans une combe albienne, bordée au N par les surfaces de couches de l'Urgonien, au S par les tranches de coupes des calcaires supracrétaciques. Cette petite combe se poursuit jusque bien au delà des chalets de Cenise et, quoique les affleurements soient rares et incomplets, il est facile de se rendre compte qu'elle correspond à une zone de grès verts foncés ou noirs, associés à des argiles noires qui représentent l'Albien.

Au-dessus de Cenise, dans la direction du plateau des Bourgets, le profil du versant SE des Rochers de Leschaux est particulièrement net et permet d'étudier en détail la succession des formations crétaciques et tertiaires. On y reconnaît les termes suivants : 1° calcaire à requienies, qui forme la masse principale de l'Urgonien; 2° alternances de calcaires blancs oolithiques et de grès siliceux, blancs ou jaunâtres, qui représentent probablement déjà la base de l'Aptien; 3° des grès verdâtres tendres dans lesquels nous avons découvert plusieurs échantillons d'*Ostrea aquila*; 4° des argiles schisteuses foncées, sans fossile, que je considère comme Albien inférieur; 5° des grès verts très durs, remplis par places de fossiles parmi lesquels les espèces les plus fréquentes sont : *Rhynch. sulcata*, *Ter. Dutemplei*, *Inoceramus sulcatus*, *Inoc. concentricus*, *Pleurotomaria regina*, *Aporrhaïs Orbignyana*, *Desmoceras Beudanti*, *Pusosia latidorsata*, *Acanthoc. Milleti*; 6° calcaires gris très clair, du Crétacique supérieur, à grain très fin, à cassure esquilleuse, en bancs minces, qui ne renferment pas de fossiles, mais sont remplis de silex très caractéristiques; 7° calcaire brunâtre compact et rempli de petites nummulites à la base, devenant marneux à la partie supérieure et passant ainsi progressivement à 8° schistes du Flysch inférieur.

Sur le plateau des Bourgets, deux failles à faible rejet coupent transversalement l'anticlinal de Leschaux (voir fig. 2), faisant butter le Gault contre l'Urgonien ; la lèvre affaissée est dans les deux cas la lèvre occidentale, et il semble qu'il y ait ici un phénomène de rupture en relation avec l'abaissement très rapide de l'axe de l'anticlinal vers la vallée de l'Arve: par le fait que l'axe descend toujours plus rapidement du côté de l'E, il est incurvé en arc de cercle et des tensions ont dû forcément se produire dans les parties voisines de la surface, qui ont provoqué des fractures transversales et des déplacements. Je comparerai les failles du plateau des Bourgets aux ruptures qui se produisent du côté convexe d'une baguette insuffisamment flexible que l'on plie trop fortement.

Digitized by Google

Du reste, l'anticlinal de Leschaux présente d'autres dislocations, qu'on peut étudier en descendant du plateau des Bourgets et du mont Saxonnet sur Brezon ou sur Saxonnet (voir fig. 3). Du côté N, l'Urgonien, qui forme les beaux lapiez de Leschaux, s'incurve brusquement en genou, de façon à prendre un plongement presque vertical; contre lui s'appuie le Gault, puis le Flysch. Celui-ci forme, en travers de la pente boisée de la montagne, un palier très visible et une zone de pâturages portant plusieurs chalets; il dessine un synclinal faiblement déjeté et est supporté par les calcaires à silex du Crétacique supérieur plongeant vers le SE. Ces derniers forment, au-dessous du Flysch, un second genou brusque, et un peu plus bas on les voit plonger fortement vers le NW, sous une nouvelle zone de Flysch, qui forme un deuxième palier de pâturages. Vers le bord externe de cette bande d'herbe peu inclinée réapparaissent sous le Flysch le calcaire nummulitique, les calcaires à silex et le Gault, qui plongent vers le SW. Le Gault est supporté par l'Urgonien, dont les bancs, très disloqués, marquent une nouvelle inflexion anticlinale très brusque, pour plonger finalement vers le NW, sous le synclinal de Flysch de Brezon.

Maillard a déjà dressé un profil du versant N des Rochers de Leschaux, qui correspond dans les grandes lignes à celui que je viens de décrire; s'il diffère dans les détails, et en particulier dans la forme des genoux qui deviennent ici des sortes de flexures, c'est que la coupe de Maillard a été prise plus à l'W, à Malatrait, où les plissements secondaires ont pris plus d'importance encore.

3° **La chaîne Vergys-Rocher de Cluses.** — La chaîne des Vergys est formée par un grand anticlinal déjeté, dont le flanc N est sensiblement vertical ou un peu renversé par place; l'axe du pli s'abaisse visiblement vers le NE; tandis qu'au Pic de Jalouvre l'Urgonien s'élève jusqu'à plus de 2300 m., il n'atteint plus l'altitude de 1500 m. au N de Romme, et, de l'autre côté de la vallée de l'Arve, il disparaît sous le Flysch entre 1000 et 1100 m.

En montant de Cluse par Nancy et la Frasse vers Romme (Pl. 10, fig. 4), on peut voir une bonne coupe à travers cet anticlinal près de son extrémité orientale. Dans Cluse même, et au bas de la route qui monte à Nancy, affleure l'Urgonien en gros bancs de calcaire blanc à requienies, qui plongent presque verticalement vers le SE; cet Urgonien est, d'autre part, traversé par une succession de plans de glissement inclinés de

Digitized by Google

45° à peu près vers le SE, qui donnent naissance à un clivage intense de la roche et trompent à première vue sur le véritable plongement. La route forme ensuite plusieurs lacets dans l'Hauterivien, puis, remontant vers le NW, elle rentre dans l'Urgonien du jambage N à l'endroit où celui-ci est coudé brusquement en genou pour se relier à la voûte qui se ferme au-dessus de Nancy. De là, jusque près du hameau de la Frasse, on suit l'Hauterivien; avant d'arriver à cette dernière localité, on retrouve l'Urgonien, affleurant en bancs presque horizontaux avec un faible plongement vers le SE; dans le village même affleure le Gault et au-dessus de lui on traverse successivement le Crétacique supérieur, le Nummulitique et le Flysch. Le sentier de Romme suit ensuite, jusqu'au haut du col, un synclinal de Flysch, qui représente la fin du synclinal du Reposoir, et est chevauché vers le SE par l'Urgonien.

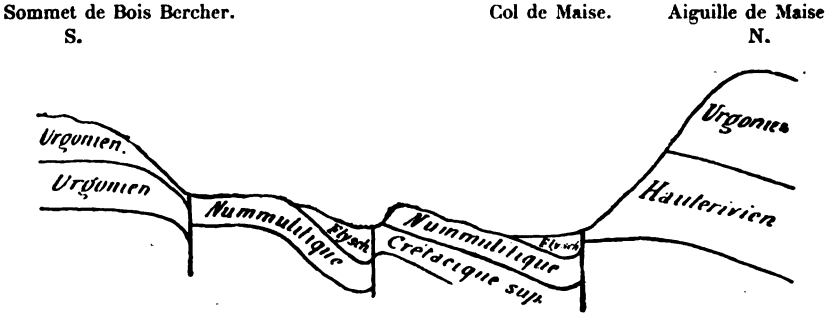
Une coupe analogue à celle que nous venons de décrire se montre dans la vallée transversale du Foron, entre Scionzier et Pralong. Sur le flanc N de la chaîne, au contact de l'Urgonien et du Flysch, on voit ce dernier présenter un plongement très irrégulier; il est évident qu'il y a eu ici chevauchement de l'Urgonien sur le Flysch et plissottement du second sous le premier.

Le flanc S de la chaîne des Vergys est formé depuis la cluse du Foron jusqu'au col d'Auferrand par une série très uniforme, comprenant l'Urgonien, le Gault, le Crétacique supérieur et le Nummulitique, et qui plonge régulièrement vers le SE. Par contre, en se rapprochant du Grand Bornand, on constate tout un réseau de fractures, qui ont complètement détruit la régularité de ce versant de montagne. Maillard a déjà donné une description générale des failles qui disloquent cette région de la chaîne. Une grande fracture transversale, dirigée du village même du Grand Bornand au SE, à l'extrémité des Rochers de Forcle au NW, fait butter le Nummulitique et le Flysch du côté S contre une paroi urgonienne qui supporte du Gault, du Crétacique supérieur et du Nummulitique. Plus au N la vallée s'élargit brusquement vers l'W par la formation d'un grand cirque de pâturages, compris entre la pointe de Maise, les Rochers de Forcle et les hauteurs de Bois Bercher, et dont l'origine est due à un effondrement local.

Après avoir suivi le pied de la pente boisée de Bois Bercher, on arrive au Planay, sur un petit affleurement de calcaire gris, presque blanc, rempli de nummulites et renfer-

Digitized by Google

mant, d'autre part, à profusion, une grosse huître à coquille très épaisse, de forme subcirculaire avec deux valves fortement bombées, qui paraît se rapprocher beaucoup de *Ostrea gigantica* Brander et de *Ostrea latissima* Desh. Ce calcaire nummulitique plonge vers le SE et, au-dessus des chalets de Planay, dans le bois, affleurent le Crétacique supérieur à silex, puis les grès verts et les argiles du Gault, puis l'Urgonien qui forme arête. Les affleurements de ces différents terrains sont assez mal repairés ici sur la carte; l'Urgonien est prolongé trop bas vers l'E et l'extension du Gault est énormément exagérée aux dépens du Crétacique supérieur et surtout du Nummulitique, qui forme toute la partie inférieure de la pente boisée au-dessus de Planay.



Cl. 15. — Bassin d'effondement de la Place.

Cette série concordante, qui plonge vers le SE, est interrompue brusquement au N par une faille dirigée WSW-ENE, qui fait butter l'Urgonien contre le Nummulitique; c'est la faille S du petit bassin d'effondrement de la Place; celui-ci est délimité à l'W par une fracture longitudinale qui suit le versant oriental des Rochers de Forcle, et au N par une troisième faille qui, avec une direction E-W, coupe le flanc méridional de l'Aiguille de Maise. Tout autour de ce cirque affleure l'Urgonien, ou même l'Hauterivien (col de Maise); dans l'intérieur on ne trouve que du Flysch et du calcaire nummulitique. Ces derniers offrent du reste des ondulations longitudinales et même une faille à faible rejet qui sont indiquées dans le profil ci-joint (Cl. 15).

L'Aiguille de Maise est du reste coupée sur son versant oriental par une faille longitudinale qui, passant avec une direction SW-NE au-dessus des gisements classiques de la

Digitized by Google

Gondinière, met en contact le Crétacique supérieur et l'Urgonien.

4° **Klippe des Annes et de Lachat** (Pl. 10, fig. 5, 6 et 7). La klippe des Annes, formée essentiellement de Trias et de Lias, est entourée de toute part par le Flysch du grand synclinal du Reposoir. Le Flysch plonge d'une façon générale sous les formations beaucoup plus anciennes de la klippe, qui le recouvrent tantôt en une série normale, tantôt par un jambage renversé et laminé.

Si, après avoir suivi pendant un peu plus de deux kilomètres le chemin qui, de Pralong, conduit au col d'Anferrand, on remonte le flanc droit de la vallée dans la direction de la Pointe d'Almet, l'on peut relever dans un petit ravin à l'W des chalets de la Touvière le profil suivant :

1° A la base des schistes marneux du Flysch, qui plongent vers le SE.

2° Une couche peu épaisse et énergiquement laminée de calcaire gris à grain fin du Crétacique supérieur.

3° Un complexe de grès et de conglomérats que Maillard considérait comme triasiques, mais qui sont incontestablement tertiaires, car ils contiennent de nombreux galets d'Urgonien et de Crétacique supérieur.

4° Une mince couche d'argiles schisteuses (probablement du Trias inférieur).

5° Des calcaires noirs en bancs alternant avec des lits marneux de l'Infralias.

Au-dessus de ces affleurements la roche en place disparaît sous un petit éboulement, puis on rencontre, près d'une cascade du torrent, une zone étroite d'argiles rouges du Trias supérieur plongeant très fortement vers le S et supportant le Rhétien et le Lias. Celui-ci est représenté par un calcaire compact, gris, en bancs minces, avec d'assez nombreuses sections de Belemnites, qui ne se prêtent malheureusement pas à une détermination précise.

Plus haut encore le Lias dessine un synclinal déjeté vers le N, qui est bien visible à distance et sur lequel se superpose la série liasique du sommet de la chaîne.

De l'autre côté du massif d'Almet, dans les environs des chalets des Annes, il est facile d'établir les relations qui existent entre le Flysch et les formations qui lui sont superposées. En montant de Sommier dessous par le raccourci qui conduit aux Annes, on traverse d'abord une puissante assise de grès mouchetés du Macigno plongeant vers le N, sur les-

Digitized by Google

quels reposent des schistes marneux du Flysch inférieur; et cette zone de grès peut se suivre fort loin vers l'E, sur le flanc de la pointe d'Almet où elle donne lieu à un ressaut bien marqué. Sur le Flysch schisteux chevauchent les schistes noirs très feuilletés du Trias inférieur, que Maillard désigne sous le nom d'argilites et qui sont recouverts par les cornieules. Celles-ci, qui affleurent au milieu des chalets des Annes, forment une zone facile à retrouver au-dessus des grès mouchetés sur le flanc oriental de la Pointe d'Almet. Au-dessus des chalets on rencontre les argiles rouges du Trias supérieur, puis le Rhétien formé par un banc dolomitique à la base et par des lumachelles alternant avec des bancs de calcaire gréseux et des lits marneux. Le Lias, qui débute par un complexe de calcaires noirs à silex et est composé en grande partie d'un calcaire gris à grain fin, en bancs peu épais, se recourbe nettement pour plonger finalement sous l'arête d'Almet vers le S.

Si, des Annes, on se dirige vers Maroly, on voit au col le Rhétien et les argiles rouges du Trias supérieur du massif d'Almet plonger presque verticalement, avec une direction E-W; le Trias s'appuie contre une nouvelle couche de Rhétien intensément disloquée, qui, au contact avec le premier, paraît plonger verticalement, mais qui, à une petite distance, s'incurve de façon à former une zone sensiblement horizontale au sommet de l'arête de Maroly et à plonger faiblement vers le NW. M. Lugeon ayant cherché, lors de la réunion de la Société géologique suisse à Genève, à expliquer le contact entre le Trias et le Rhétien au col de Maroly par une faille verticale coupant des couches peu inclinées, je suis retourné sur les lieux et j'ai été absolument confirmé dans ma première manière de voir, c'est qu'il y a ici, non une véritable faille, mais un chevauchement du Trias sur un genou de Rhétien.

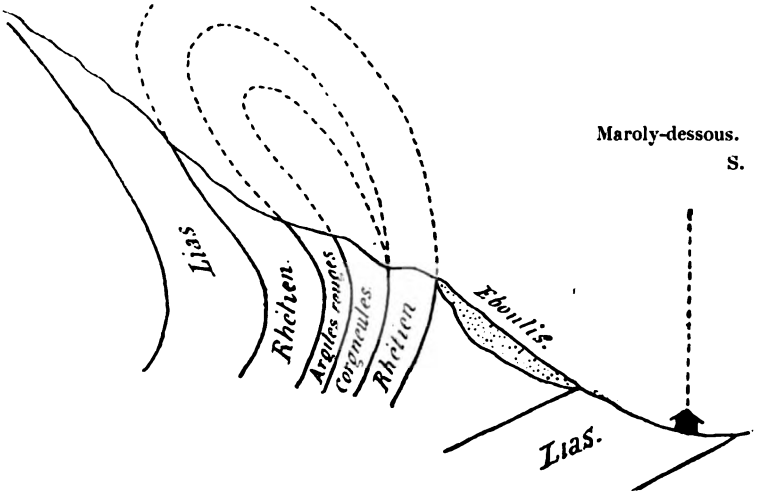
Un peu plus loin, au-dessus de Maroly-dessous, un nouveau profil vient à l'appui de cette interprétation : au niveau des chalets affleure le Lias, qui plonge faiblement vers le NW; au-dessus les pentes sont couvertes, sur une certaine hauteur, d'éboulis, qui cachent complètement la roche en place, puis on arrive à un banc de dolomie rhétienne, plongeant presque verticalement vers le N et surmonté par une couche de cornieule qui dessine un genou bien net; au-dessus de la cornieule affleurent les argiles rouges et le Rhétien avec un plongement très fort vers le S (Cl. 16). On ne peut s'expliquer l'affleurement de Rhétien sous la cornieule qu'en

Digitized by Google

le considérant comme un reste du flanc laminé d'un pli faille, et ce flanc laminé correspond au plan de chevauchement du col de Maroly.

Maillard a donné une description et un profil détaillé du versant N de la Pointe de Lachat auxquels je n'ai pas grand'chose à ajouter; je dois pourtant faire remarquer que, malgré plusieurs recherches, je n'ai trouvé nulle part le Flysch en transgression sur les formations triasiques et jurassiques

N.



Cl. 16. — Anticlinal de Maroly-dessous.

de la klippe, tel que l'indique Maillard; il doit y avoir eu ici erreur de sa part; par contre, près de la Duche, il y a discordance frappante entre le Trias et le Flysch.

5° **Chaîne de la Pointe Percée et des Aravis** (Pl. 10, fig. 4, 5, 6 et 8). Nous avons vu, dans un précédent paragraphe que, au S de la Frasse, vers son extrémité NE, la chaîne des Aravis chevauche sur le synclinal du Reposoir, l'Urgonien vertical ou même renversé entrant en contact direct avec le Flysch. Vers le SW le synclinal du Reposoir s'élargit et, sur le flanc de la chaîne, se superposent en série normale, plongeant au NW, l'Urgonien, le Gault, le Crétacique supérieur et le Nummulitique avec des faciès absolument semblables à ceux que nous avons trouvés dans les chaînes des Vergys et de Les-

Digitized by Google

chaux. Plus loin encore, sur les flancs de la Pointe d'Areu, l'Urgonien dessine un synclinal secondaire bien net, qui est rempli par du Gault, du Crétacique supérieur et du Nummulitique; puis les couches reprennent un plongement faible vers la vallée du Foron qui est ici isoclinale et se creuse dans l'Urgonien. Au-dessous de Sommier dessous, le long du chemin, on suit des affleurements de grès verts albiens très fossilifères avec *Holaster lævis*, *Rhynchonella sulcata*, *Hoplites regularis*, *Acanthoceras mamillare*, *Hamites attenuatus*, etc., etc.

Dans la région de la Pointe Percée et du col des Annes les formations crétaciques sont couvertes par un épais manteau de Flysch, épargné par l'érosion, au milieu duquel pointe un complexe puissant de grès mouchetés.

Au S du massif d'Almet un chaînon se détache du pied NW de la chaîne des Aravis; cet anticlinal se marque tout d'abord par l'apparition d'une masse considérable d'Urgonien au milieu du Flysch au S du Plan, puis il donne naissance à la montagne de la Clusaz, qui représente une belle voûte urgonienne avec cœur hauterivien, coupée transversalement par le torrent du Nom. La carte géologique de France (feuille d'Annecy) indique cette voûte comme formée essentiellement d'Urgonien contre lequel s'appuierait sur les deux versants le Flysch. En réalité, la lacune stratigraphique n'est pas aussi complète, et j'ai constaté la présence sur l'Urgonien des deux flancs de la chaîne, d'un calcaire gris clair, presque blanc, qui renferme en grande abondance des Nummulites et dans lequel j'ai retrouvé la même grosse huître *Ostrea af. gigantica* qui caractérise le Nummulitiqne de Planay. Par contre, je n'ai pas constaté de traces de Crétacique supérieur ou de Gault entre le Nummulitique et l'Urgonien, et ces deux dernières formations, considérées seulement à une petite distance, diffèrent si peu l'une de l'autre qu'elles ont facilement pu être confondues. Un peu en aval de la Clusaz, la route est taillée dans une paroi de rocher, dans laquelle on peut voir nettement la superposition des calcaires nummulitiques à grosses huîtres sur des calcaires urgoniens à *Requienia ammonia*. En outre, vers la sortie E du village un éboulement important, dû à un glissement des couches du flanc S de l'anticlinal, est formé essentiellement de calcaire nummulitique.

Au S de la Clusaz la route du col des Aravis traverse un large synclinal de Flysch schisteux et de Macigno, puis elle coupe successivement la série complète du Nummulitique, du Crétacique supérieur, du Gault, de l'Urgonien, de l'Hauterivien et du Valangien. Tout ce complexe puissant, plongeant vers le

Digitized by Google

NW, forme le versant N de la chaîne des Aravis ; le Valangien, qui, par la nature très délittable de ses marnes, forme des pâturages pauvres en affleurements, se trouve au col même. Au-dessus de l'auberge des Aravis, du côté du SW, un décrochement de l'Urgonien et du Néocomien a donné lieu, sur les flancs du Rocher de l'Etale, au profil indiqué à la figure 8.

En descendant du col des Aravis à la Giettaz on traverse la série normale du Jurassique supérieur, plongeant faiblement vers le NW, qui se décompose comme suit : 1° calcaires compacts, gris bleuâtres, en bancs minces, qui représentent le Portlandien, le Kimmeridgien et probablement le Séquanien ; 2° marnes schisteuses noires qui correspondent à l'Oxfordien et au Callovien.

Le Dogger affleure dans les environs de la Giettaz, sous forme d'alternances de bancs calcaires minces et de marnes schisteuses. Un peu au-dessous du village la route s'engage dans le Lias en couches presque horizontales, qu'elle suit jusque près de l'entrée de Flumet. Ce Lias est composé de schistes marneux foncés, qui deviennent ardoisiers à la base (exploitation d'ardoises avant d'arriver à Flumet) et dans lesquels s'intercalent, surtout dans la partie médiane, des zones calcaires.

A Flumet affleure le Trias, qui débute à la base par un complexe de grès quartzitiques et de conglomérats granitiques sur lequel reposent des cornieules. Les quartzites, presque horizontaux, reposent en discordance des plus marquée sur les schistes cristallins et le Houiller, qui, redressés presque verticalement, montrent une direction SW-NE. Le Houiller, pincé en synclinaux étroits dans les micaschistes, prend la forme de grès schisteux, rouges, intensément dynamométamorphisés. De beaux contacts entre le Trias et les roches sous-jacentes s'observent dans les environs immédiats de Flumet et en particulier sur la route qui, de cette localité, conduit à Mégève.

Genève, le 26 novembre 1902.

A la suite de la communication de M. SARASIN, M. LUGEON donne quelques détails complémentaires relatifs aux lambeaux de recouvrement des Annes, qu'il vient de parcourir encore une fois avec M. HAUG en vue d'un mémoire en préparation.

La brèche polygénique de base est bien nummulitique, ainsi que le pense M. Sarasin. MM. Haug et Lugeon y ont trouvé des nummulites. Au centre du synclinal couché de la montagne d'Almet, il existe des calcaires qui appartiennent

Digitized by Google

très probablement au Dogger. Le Lias peut être pétrographiquement et stratigraphiquement subdivisé en trois, non compris le Rhétien, soit Lias inférieur à silex, Lias moyen calcaire et Lias supérieur marneux. La montagne d'Almet est séparée de celle de Lachat par une faille très redressée qui court parallèlement au vallon de Marolly. M. LUGEON fait encore remarquer que le substratum de Flysch de la région triaso-liasique contient de très fréquentes lames isolées de Crétacique supérieur et même de Malm. Elles sont particulièrement développées sous la Tête d'Auferrand; on les voit aussi au N des chalets des Annes. Ces lames ont une importance considérable, car elles montrent bien la parenté des lambeaux exotiques des Annes avec le Chablais, dont elles ne sont que des fragments isolés par l'érosion, taillés dans la grande nappe de recouvrement. Ainsi M. LUGEON ne peut admettre la coupe de M. SARASIN, laquelle montre ces montagnes enracinées.

Sur le faciès à entroques dans le Lias des Alpes suisses et françaises

PAR LE

Dr PIERRE LORY (Grenoble).

Dans une notable partie des Alpes calcaires de la Suisse, les assises inférieures du Lias revêtent, comme on sait, un faciès de calcaires à entroques, contenant des Gryphées et des Brachiopodes; à ces calcaires peuvent s'associer des brèches à fragments triasiques.

Déjà M. HAUG a signalé l'analogie qui existe entre ce Lias et celui du massif de La Mure, situé au S de Grenoble, au bord externe des massifs cristallins. La ressemblance est en effet complète: les variétés diverses de la structure, tant extérieure qu'intime, se retrouvent les mêmes de part et d'autre, et ce qu'on connaît de la faune est très analogue. En outre, d'un côté comme de l'autre, le dépôt commence tantôt au Lias inférieur (c'est le cas notamment en certains points des Alpes glaronnaises, comme sur la plus grande partie du massif de La Mure), tantôt seulement au Lias moyen.

Le même faciès se retrouve encore dans les Alpes-Maritimes et dans la zone du Briançonnais. C'est donc une manière d'être très fréquente dans le Lias des Alpes occidentales : elle correspond à des dépôts formés en eaux agitées, à de médiocres profondeurs et souvent à proximité de reliefs qu'arasaient les vagues.

Digitized by Google

Les grandes dislocations et la naissance des Alpes suisses

PAR

MAURICE LUGEON

prof. à Lausanne.

Un des plus grands naturalistes parmi les nombreux savants dont Genève s'honore, un des hommes qui a le mieux connu les Alpes, et vous devinez que je pense à DE SAUSSURE, a écrit, à la fin d'un de ses livres, les lignes suivantes : « ...J'ai reconnu qu'on pouvait presque assurer qu'il n'y a dans les Alpes rien de constant que leur variété. » Cette déclaration résume à la fois le caractère et l'œuvre de l'homme. On y saisit la prudence de l'observateur, mais on y voit aussi son immense érudition.

Que les temps sont changés! Dans quelle admiration cet infatigable travailleur ne serait-il pas plongé si, revenant parmi nous, il voyait la tâche accomplie? Mais quel effort cela représente-t-il!

Dans le sillage lumineux laissé par l'illustre Genevois, voyez cette cohorte d'hommes qui se précipitent à la conquête scientifique des Alpes suisses. Voici J.-CONR. ESCHER, un admirable esprit; voici LÉOPOLD DE BUCH, voici EBEL qui, par son œuvre : *Ueber den Bau der Erde*, ouvre une époque nouvelle. Escher et lui ne craignent pas de modifier la classification dogmatique de l'école de Freiberg.

Mais nous en sommes encore à la période héroïque. La découverte de W. SMITH, qui dotait la géologie de sa méthode moderne de classification des terrains, n'allait pas tarder à être appliquée dans les Alpes. Il appartenait à un des compatriotes du célèbre ingénieur anglais, à BUCKLAND, et au Français BRONGNIART, l'honneur de définir dans les Alpes l'échelle stratigraphique. Aussi, avec l'année 1821, s'ouvre une nouvelle période, celle de la stratigraphie moderne.

Digitized by Google

Puis arrive B. STUDER, le Bernois, un de nos plus grands géologues, qui, sous les conseils de SCHLOTHEIM, accomplit en neuf années une œuvre admirable, la géologie des Alpes occidentales. Quelle distance entre de Saussure et Ebel et entre ce dernier et Studer! Les plis commencent à être vus, dessinés, compris, comme en fait foi la loi de Studer sur les couches en forme de C. Le professeur de Berne avait comme collègue un homme qui a précédé son temps: Il tenait de race, ce savant aussi distingué que modeste, ARNOLD ESCHER. C'est lui qui a compris le premier les dislocations fantastiques des Alpes glaronnaises. Ce fut un de nos plus grands géologues.

Voici un deuxième Genevois, ALPHONSE FAVRE, ce digne successeur de de Saussure, qui fit faire tant de progrès à la stratigraphie et dont l'œuvre est si charmante à étudier. Ce fut aussi un grand lutteur. Celui qui ne se souviendrait pas avec respect de ce tournoi qui eut comme champ clos Petit Cœur en Savoie serait un ingrat. Enfin, citons encore ces grands travailleurs, autres géants dans ce groupe d'Hercules de la science, THEOBALD le Grison, KAUFMANN le Lucernois, GERLACH, que nous pouvons bien revendiquer comme un des nôtres; il fut, à mes yeux, l'un de nos plus remarquables géologues, l'un de ceux dont la sûreté de vue reste comme un des plus brillants exemples.

Et je m'arrête, et cependant je n'ai pas mentionné tous ceux qui méritent de l'être. J'arrive à ceux qui ont collaboré et vu s'achever cette œuvre magistrale que vous avez devant les yeux, cette superbe carte géologique de la Suisse au 1 : 100 000. De ceux-là, ces vénérables maîtres, plusieurs sont ici dans cette enceinte. Ils ont accompli, ces disparus et et ces vivants, une œuvre colossale. Voici, du reste, le jugement d'un de leurs contemporains[1] : « La géologie des Alpes est peut-être de toutes les sciences celle qui exige de la part de ses adeptes la plus grande abnégation. »

Je salue avec respect, en votre nom et au mien, tous ces hommes, tous ces prédécesseurs. Nous répondons affirmativement à ces mots écrits par un ancien géologue et que Studer a jadis rappelés : « ... Je me borne à demander à ceux qui se préparent à nous succéder, de nous savoir gré des efforts que nous avons faits pour leur préparer la voie, et, sous ce rapport, de faire mention de nous dans l'histoire des progrès de l'esprit humain[2]. »

[1] DESOR, Nouvelles excursions et séjours, 1845, p. 224.
[2] DOLOMIEU, Rapport des voyages, Journal des mines, VII, p. 432.

Digitized by Google

Aujourd'hui une page nouvelle s'ouvre encore. Une conception bien différente de la chaîne s'impose. Elle vient de naître et de tous côtés arrivent les adhésions. Ce n'est donc pas avec la prudence et la crainte de l'énoncé hypothétique que je me présente devant vous, mais avec la force et la foi que l'on puise dans la théorie où l'on voit de simples prévisions se confirmer les unes après les autres et où tout s'encadre à merveille dans le tracé des grandes lignes.

Aujourd'hui la théorie du plissement sur place, du bombement autochtone est en partie remplacée par celle des grandes nappes de recouvrement. Dans nos montagnes nous constatons que d'immenses portions ont été transportées, parallèlement à la surface du globe, à d'énormes distances. Tout le front de la chaîne alpine, à partir de l'Arve jusque très loin vers l'est, dans les Alpes orientales, et plus loin encore dans les Carpathes, tout ce front, que vous contemplez et que vous considérez comme une muraille bien fondée, est au contraire formé par des masses qui ne sont pas dans leur position originelle, mais qui proviennent de l'intérieur des Alpes, souvent de très loin : ce sont les replis frontaux, les plus avancés vers le nord, de grandes portions jadis mobiles de l'écorce terrestre.

Comment le géologue peut-il montrer que des montagnes, par exemple celles qui avoisinent Genève, comme les Voirons, le Môle, qui paraît une pyramide si bien enracinée sur sa base, Marcelly, etc., sont venues du sud, d'au delà du massif du mont Blanc ? L'énoncé même de l'idée ne paraît-il pas sa propre condamnation au bannissement ?

Dans les Alpes de Glaris, le professeur Heim, ce grand maître de la géologie, confirmant les idées de Escher, avait, à l'étonnement du monde scientifique, prouvé que d'immenses régions montagneuses reposaient sur une base formée par des roches plus récentes que celles qui constituaient les hauts. Ces grands renversements se seraient exécutés par un mouvement du nord au sud, à l'inverse de celui que l'on constatait dans la chaîne qui sépare les vallées de Glaris de celle du Rhin. Ce phénomène était désigné sous le nom de double-pli de Glaris.

En 1834, cette célèbre théorie des Alpes glaronnaises fut contestée par un homme génial, M. Marcel Bertrand, qui supposait que toute la masse supérieure provenait de plis poussés du sud au nord. Cette remarque ne suffit pas à ébranler la foi du grand géologue zuricois, la preuve n'était pas faite. En 1893, M. Schardt fit sienne cette hypothèse de

Digitized by Google

grands mouvements vers le nord en l'appliquant aux Préalpes romandes, ces montagnes situées entre l'Arve et l'Aar. Quelque temps après, je donnais une démonstration absolue pour la région de la Brèche du Chablais, mais l'ensemble des Préalpes restait fortement contesté.

Les choses en étaient là quand, l'année dernière, quelques savants français me demandèrent de les conduire dans le Chablais, afin d'étudier sur place ces phénomènes. Ils vinrent une vingtaine, partisans et adversaires. Ce furent de rudes journées. Presque tous furent convaincus, mais plusieurs, et non des moins éminents, gardèrent leurs positions. Que faire, sinon trouver des arguments péremptoires ?

En cherchant si ces phénomènes s'étaient propagés ailleurs[1], j'arrivais à montrer qu'ils n'étaient pas propres au Chablais, que l'ensemble du front nord des Alpes en avait été victime, puis que d'immenses régions gneissiques de l'intérieur prenaient part aussi à ces immenses marches vers le nord. Et, chose curieuse, les preuves absolues se trouvaient justement là où l'on n'avait jamais été les chercher, parce que l'on ne se figurait pas que ces territoires que j'analysais à nouveau avec l'idée du charriage avaient été victimes de ces phénomènes que nous montrions dans le Chablais. Et alors, la théorie, prenant une ampleur inattendue, prenait en même temps une telle puissance, que le doute ne pouvait plus subsister chez les incrédules. Ces gigantesques mouvements horizontaux vers le nord, que l'on ne voulait admettre lorsqu'ils étaient localisés, devenant une loi générale, il fallait ou tout refuser ou tout accepter. Et l'on a vu ce fait intéressant pour l'histoire des sciences : des arguments qui paraissaient inadmissibles parce que les conclusions que l'on en tirait semblaient trop exagérées, furent admis lorsque l'exagération de ces conclusions fut démontrée plus grande encore.

Une page nouvelle est ouverte. Voyons ce que nous pouvons y lire. Je suppose que les problèmes du Chablais soient démontrés, que dans cette région, et celle qui s'étend jusqu'à l'Aar, il y ait là des régimes de montagnes faisant partie de plusieurs énormes nappes de recouvrement venues du sud, c'est-à-dire de grandes masses plissées superposées venant de l'intérieur de la chaîne, après une marche de bien des dizaines de kilomètres. Ces masses reposent en effet partout sur des terrains plus jeunes qu'elles, et toute la méthode consiste à faire cette démonstration ailleurs.

[1] LUGEON, Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse (*Bull. Soc. géol. de France*, 1901, 4e série, t. I, p. 723 à 825).

Digitized by Google

Mon cher maître, M. RENEVIER, a montré que le massif de Morcles était formé par un grand pli couché. Plus loin, en me basant sur ses travaux, je montre qu'une deuxième immense vague de l'écorce terrestre s'est superposée à cette première et forme le massif des Diablerets. Enfin, plus loin vers l'est, à la suite de longues recherches dans les solitudes du massif du Wildhorn, je montre qu'une troisième nappe, plus grande encore, toujours venue du sud, monte du Valais pour redescendre et s'enfouir sous les Préalpes. Enfin une quatrième, plus exagérée encore, grimpe sur les autres, s'étale en même temps qu'elle se morcelle sur les régions désertes des Wildstrubel et plonge brusquement dans la zone interne des Préalpes, dont elle forme une des parties.

Il y a dans cette succession de grandes nappes empilées deux faits dont l'importance est capitale. D'abord, elles vont s'exagérant de la plus basse à la plus élevée, puis l'une d'elles, la dernière visible, forme une partie des Préalpes. Ainsi donc celles-ci ne sont pas si étrangères, comme nous l'avons tous cru, à la chaîne calcaire où règnent les terrains à faciès dit helvétiques. Elles ne sont que le produit d'un même phénomène. Et bien qu'un style tectonique différent de celui des Hautes-Alpes semble régner dans les Préalpes, cette variation n'est due qu'à l'exagération d'une même action mécanique.

Ces gigantesques vagues de pierre, qui déferlent vers le nord, forment, par leur empilement, cette haute chaîne calcaire qui sépare le canton de Berne de celui du Valais et qui se continue en avant du groupe du Finsteraarhorn. Rien n'est plus impressionnant que de contempler ces montagnes d'un de leurs sommets quand on a dévoilé les secrets de cette nature grandiose. Malgré la vie rude que le géologue doit supporter là-haut, — j'ai dû vivre sous la tente ou dans de misérables huttes que je me suis construites, — la récompense vaut plus encore que l'effort accompli.

Arrivé à ce point de la démonstration, en ce qui concerne la Suisse occidentale, sachant aussi que dans la région du Mont-Joly, en France, de semblables phénomènes ont été étudiés et décrits magistralement par un jeune Genevois, M. E. RITTER, le redoutable problème du double-pli de Glaris peut être affronté avec chance de succès. L'admirable méthode de comparaison appliquée avec tant d'éclat par les MARCEL BERTRAND et les SUESS ne peut faillir. S'il devient alors impossible d'admettre le double-pli, cela ne suffit pas cependant. La géologie n'est plus une science conjecturale ; il faut des preuves.

Digitized by Google

Ces preuves n'ont pas été difficiles à trouver. Les matériaux abondaient, récoltés avec tant de soins par le professeur HEIM et ses élèves. Il n'y avait plus qu'à cueillir dans cette superbe moisson. C'est ce que j'ai fait. Je quitte cette enquête avec plus d'admiration encore que j'en avais pour cette œuvre si féconde, due au grand maître zuricois, le *Mechanismus der Gebirgsbildung*. Sans cet ouvrage, si justement célèbre, sans les travaux d'un des plus brillants élèves de M. Heim, mon ami M. BURCKHARDT, il n'eût pas été possible de faire la preuve; la tâche eût été trop grande pour un seul, je m'en suis bien vite aperçu sur le terrain.

Aujourd'hui, c'est chose faite. M. HEIM a donné son consentement; mon cher maître m'a apporté le secours et l'appui de son opinion nouvelle. Toutes les Hautes-Alpes calcaires de la Suisse, qui s'étendent, formant le front de la chaîne, du lac de Thoune au Sentis, sont bien des montagnes charriées. Elles font partie de grandes nappes de recouvrement et elles reposent entièrement sur des terrains plus jeunes qu'elles. Ces nappes sont au nombre de deux principales qui se digitent dans leurs parties frontales en grands plis couchés indépendants. Tout l'ensemble vient du sud. Le mouvement horizontal dépasse 30 kilomètres. A l'est du Rhin, ces gigantesques phénomènes disparaissent de la surface du sol. Ils se continuent en profondeur, et sans doute ces plis disloqués à faciès helvétique, que l'on voit pointer dans le Flysch de Bavière, ne représentent qu'une ondulation superficielle de ces grandes nappes des profondeurs.

Mais sur cet ensemble de nappes, qui s'enfoncent sous les Préalpes à l'ouest, on trouve des fragments de ces dernières, à l'état de débris morcellés, comme le Stanzerhorn, les Mythen, etc. Et, plus loin, à l'est du Rhin, les montagnes du Falknis représentent la continuation de ces énormes nappes préalpines. Si la preuve absolue, tangible, de la non existence de racine ne peut être faite pour les Préalpes médianes, entre l'Arve et l'Aar, elle peut l'être pour le Falknis. En effet, ici les érosions sont plus profondes et partout nous voyons sous ces dernières montagnes régner les terrains les plus jeunes.

Et ce n'est pas tout. Cette nappe du Falknis est elle-même surmontée par une autre grande masse venue aussi de l'intérieur de la chaîne. Cette nappe, la plus supérieure, forme tout le Rheticon et les Alpes triasiques de Bavière. Elle représente la nappe de la Brèche du Chablais; elle a la même position tectonique.

Où se trouvent les racines, c'est-à-dire le lieu d'origine de

Digitized by Google

toutes ces masses superposées? Il est facile de montrer que toutes les nappes de recouvrement à faciès helvétique viennent de la première zone alpine, c'est-à-dire représentent la couverture sédimentaire des massifs cristallins tels que le mont Blanc, le Finsteraarhorn et le Gothard. Les autres viennent de régions plus internes. On peut suivre, dans les Grisons, le bord de la nappe du Rheticon. On la poursuit très loin par l'Oberhabstein. Ainsi, puisque soit la nappe du Falknis, soit celle du Rheticon, représentent dans l'est ce que sont les Préalpes médianes et les régions de la Brèche du Chablais et de la Hornfluh dans l'ouest, il devient à peu près évident que les grandes nappes préalpines viennent du versant sud de la chaîne. Selon le grand processus qui paraît avoir été suivi par ces mouvements immenses, ces nappes, les plus éloignées vers le nord, doivent provenir des régions les plus méridionales.

Le chemin parcouru par ces nappes préalpines est considérable. Mesuré sur les Alpes actuelles il atteint environ 80 kilomètres, mais si l'on essaye de développer les plis, de placer côte à côte dans leur position primitive ces masses qui sont actuellement superposées, on arrive à des valeurs dépassant plusieurs centaines de kilomètres. Si l'on contractait actuellement sur eux-mêmes les territoires méditerranéens entre Alger et les côtes de France, avec la même intensité que celle qui a présidé à la formation des Alpes, la chaîne qui se construirait ainsi ne dépasserait peut-être pas la largeur de nos montagnes entre la région mollassique suisse et la plaine du Piémont!

Nous pouvons nous demander maintenant jusqu'où se propagent, en profondeur, ces mouvements géants. Jusqu'ici aucune méthode ne nous permet de concevoir ce qui se passe exactement sous les massifs granitiques du mont Blanc et du Finsteraarhorn, par exemple. L'un et l'autre, cependant, sont victimes de plis couchés que les coupes de M. Baltzer, pour l'une des régions, et de M. Ritter, pour l'autre, ont bien mis en évidence. Ces plis sont localisés, mais l'on peut se demander, toutefois, s'ils n'appartiennent pas à une unité de plissement d'un ordre supérieur, tout comme les plis réguliers des Préalpes appartiennent cependant à une nappe de recouvrement. L'avenir nous réserve encore bien des surprises. Sachons attendre.

Dans l'intérieur de la chaîne la preuve peut être donnée de la continuité de ces mouvements en profondeur. De très grandes nappes de gneiss s'avancent très loin du sud vers le

Digitized by Google

nord. Tous les massifs cristallins du Monte-Leone, du Tessin, de l'Adula se terminent au nord par de grands plis couchés ou ne sont même que des fragments de ces grands plis. C'est ainsi que j'ai été amené, par la comparaison, à modifier la coupe discutée du massif du Simplon, qui, au lieu d'un entrelacement de plis, est formée au contraire par des plis énormes poussés uniformément vers le nord.

Ainsi les régions profondes des gneiss ont aussi été victimes des mêmes phénomènes. C'est là une conclusion dont l'importance théorique est considérable. Elle confirme cette règle fondamentale qui a présidé à la formation de la chaîne, à savoir l'existence de ces grands déplacements toujours dans le même sens.

Est-ce en surface, est-ce en profondeur que se sont propagées ces écailles de l'écorce terrestre? L'étude comparative nous montre tout d'abord qu'il n'y a de différence que la grandeur, entre un repli que l'on voit dans un caillou gros comme la main et la nappe de recouvrement qui peut se développer sur plus de cent kilomètres. D'autre part, les étirements de couches que l'on observe, la malléabilité totale qui a été l'une des propriétés fondamentales des couches entraînées, tout cela exige, durant le déroulement, l'existence de pressions considérables verticales. Ce n'est donc pas en surface que ces masses ont marché, mais en profondeur. Ce que nous voyons actuellement, ce pli dont nous devinons la charnière dans les majestueuses parois de la Jungfrau par exemple, s'est formé sous des masses énormes de matières.

Dans cette sorte de débâcle qu'a subi la croûte terrestre lors de la formation des Alpes, la résultante verticale du mouvement a été insignifiante par rapport à la poussée tangentielle. Si les Alpes ont eu 8000 mètres d'altitude, qu'est-ce que ce chiffre vis-à-vis de mouvements horizontaux dont l'ensemble dépasse peut-être deux à trois cents kilomètres? En outre, vis-à-vis du niveau de la mer, qui n'a du reste aucune signification dans le problème, le mouvement donnant lieu à l'empilement ne s'est pas nécessairement traduit dans le sens centrifuge, mais bien plutôt vers le centre du globe. De telle sorte que les grandes nappes se formant dans le sol, leur apparition en surface n'était pas une nécessité mécanique; l'ensemble aurait pu se trahir par un bombement général beaucoup plus faible, et, qui sait si le phénomène n'aurait pu être, à la rigueur, géographiquement invisible.

Heureusement, il n'en a point été ainsi. Une incurvation générale a suffi et la grande chaîne est sortie des flots, de

Digitized by Google

géologique elle est devenue géographique. Et ce qui nous frappe le plus, cette majesté incomparable des cortèges des hauts sommets, l'effet de l'altitude n'est que le parachèvement de la construction grandiose dont la charpente s'appuie dans des profondeurs inconnues de la lithosphère, charpente plus impressionnante encore, pour qui sait voir, que la délicate sculpture qui partout couvre l'édifice.

J'aimerai pénétrer avec vous plus avant dans ces grandes Alpes, j'aimerai vous montrer que l'étude de détail est tout aussi captivante que l'esquisse des grandes lignes, et j'aimerai surtout vous faire partager ce sentiment indéfinissable que le géologue ressent lorsqu'il contemple la grande œuvre d'un point choisi. Alors vous pourriez comprendre ce culte de la grande nature qui nous possède et que le poète a compris. Eugène Rambert, ce littérateur national, cet homme qui a si bien décrit, chanté nos Alpes, parce qu'il les connaissait en savant et les admirait en poète, a condensé en quelques mots ce que je ne pourrais mieux dire [1] : « La nature, mère de la science, s'est réservée sur les Alpes un laboratoire où la main des hommes n'a rien arrangé ni rien dérangé, où le temps a pu faire son œuvre en paix et où elle travaille aujourd'hui comme elle travaillait il y a mille ans : un tel laboratoire vaut un temple. »

A propos de la conférence de M. Lugeon, M. Schardt constate que, depuis 1893, époque où il a émis l'hypothèse, considérant toute la zone de Préalpes du Stockhorn et du Chablais (Préalpes romandes) comme une nappe de charriage entièrement détachée de son gisement primitif, le problème ainsi posé a fait des progrès singulièrement rapides. Il a eu à défendre sa manière de voir contre les objections d'adversaires impitoyables, ce qui l'a obligé dans ses répliques de préciser davantage sa manière de voir. Il a montré en particulier que le mouvement de la nappe préalpine vers le nord et son arrivée dans sa position actuelle doit être en relation étroite avec l'existence de plis couchés dans la zone voisine des Hautes-Alpes calcaires. La nappe des Préalpes et des klippes a dû passer par-dessus ces plis; autrement dit : c'est *le développement de ces plis, leur roulement vers le nord qui a transporté, charrié la nappe préalpine du S au N* après qu'elle fut juchée sur le dos du plus méridional de ces plis. En passant ensuite sur sa charnière frontale, elle fut jetée à cheval sur le Miocène et le Flysch. M. Lugeon, qui a été un

[1] Eugène Rambert, Le voyage du glacier.

Digitized by Google

des adversaires de cette théorie, l'a adoptée en 1895 et lui a fait faire certainement plus d'un pas en avant[1]. D'après la magistrale et très lucide conférence donnée par M. Lugeon à la première assemblée générale, les nappes des Préalpes et de la Brèche devraient être considérées comme dérivant de plis anciennement superposés à ceux des Hautes-Alpes, mais faisant partie du même système de plis que les lacets couchés des Hautes-Alpes. Le problème des Préalpes ne serait qu'un détail dans un phénomène général. Puisque les Préalpes sont aujourd'hui la nappe la plus avancée vers le N, ayant pourtant leur racine le plus au sud, il conclut que, plus une nappe dérivant d'un pli couché s'est avancée vers le N, plus sa racine doit être cherchée au sud. Cette loi est représentée par une figure schématique, empruntée à la situation telle qu'elle serait si l'on faisait passer un profil profond à travers le massif du Wildstrubel. Tout cela paraît clair, évident et incontestable! Cependant M. Schardt trouve que cela ne cadre pas absolument avec les faits à lui connus; il trouve que M. Lugeon force les choses par trop, bien qu'il soit plutôt porté à lui savoir gré des progrès qu'il a fait faire au principe énoncé en 1893, M. Schardt se voit forcé de faire opposition à cette généralisation d'une conception peut-être unique et qui, au surplus, lui paraît plutôt erronée.

En ce qui concerne le mouvement S-N que l'on constate dans la disposition des plis couchés, sur tout le versant N des Alpes, M. Schardt se déclare en complète harmonie d'idée avec M. Lugeon. Il y a plus de dix ans qu'il est entièrement convaincu *qu'il n'y a pas de double pli glaronnais, mais simple pli-nappe venu du sud.*

Il y a deux ans, à la suite de recherches faites dans la région entre les Diablerets et le Wiedstruhl, il a essayé de transformer les principaux profils géologiques de M. Heim à travers les Alpes glaronnaises, en n'admettant qu'un seul pli venu du S. Il est arrivé à la conclusion que l'application de ce principe force à considérer tout le groupe du Sentis et toute la partie supérieure de la chaîne des Churfirsten (en amont de la zone de Flysch, continuation de celle de Riemenstalden) comme appartenant à un pli couché, supérieur à la nappe glaronnaise. Les soi-disant plis transversaux, décrits par M. Burckhardt, sont justement les lignes d'amorce de nouveaux plis se superposant aux autres et marchant vers le

[1] Plus récemment, c'est grâce à lui que M. Haug a également baissé pavillon en renonçant à l'éventail imbriqué composé et en adoptant la théorie des plis et nappes charriés.

Digitized by Google

N. Le même fait se retrouve entre les Dents-de-Morcles et le Wildstrubel, où le soi-disant pli transversal des Diablerets n'est autre chose qu'un nouveau pli couché qui se superpose à celui des Dents-de-Morcles. Il s'amorce à l'entrée du val Triquent sur Ardon et atteint son maximum d'amplitude aux Diablerets. Un troisième pli se superpose à celui-ci, celui du Wildhorn, qui forme la masse basale du Wildstrubel. Enfin une quatrième nappe, réduite à l'état de lambeaux, se trouve entre le Wildstrubel et le Wildhorn, au Rothhorn, au Rawilhorn, au Rohrbachstein et au Laufbodenhorn, sous forme de lambeaux synclinaux et sous forme d'une plaque assez étendue sous le glacier de la Plaine morte, etc. M. Lugeon a montré que cette nappe se continuait directement jusqu'à la zone des cols (partie interne des Préalpes). Sous ce rapport et notamment à propos du simple pli glaronnais, M. Schardt peut apporter à M. Lugeon la plus entière confirmation et peut se déclarer en parfaite sympathie d'idées avec lui.

Il n'en est pas de même quant à l'interprétation et la généralisation théorique des faits. La figure schématique, destinée à rendre intelligible le principe des plis du versant N des Alpes, représente ceux-ci comme une série de lacets superposés et bombés dans leur ensemble et gagnant d'envergure, les supérieurs recouvrant toujours complètement les inférieurs, pareillement aux lacets des helmintoïdes du Flysch. Cette loi, que l'on pourrait appeler celle des « plis helminthoïdes », n'a pas sa raison d'être ; elle est déduite d'une interprétation fautive et devra disparaître comme l'hypothèse des « plis en champignons ». Les divers plis qui se succèdent et se recouvrent entre les Dents-de-Morcles et le Wildstrubel naissent un à un au bord de la vallée du Rhône, c'est-à-dire ils n'existent pas au S de la vallée du Rhône.

L'apparition d'un nouveau pli ne prouve pas que le précédent doive nécessairement se continuer indéfiniment au-dessous. Les axes de ces plis sont obliques à la direction du front des Alpes ; ils traversent obliquement la chaîne pour arriver l'un après l'autre sur le bord des Alpes. Il est donc tout aussi possible et même probable que les plis recouverts s'éteignent successivement, remplacés qu'ils sont par les plis recouvrants. Cela est prouvé par la terminaison du troisième pli, celui du Wildhorn-Wildstrubel, qui repose sur le bord du Gasterenthal, en forme de lacet couché directement sur les terrains cristallins, sans aucune trace des deux plis (Diablerets et Dents-de-Morcles), que,

Digitized by Google

d'après la théorie Lugeon, on devrait trouver au-dessous! Cette figure théorique est juste si elle doit représenter, comme profil collectif, tout ce qui s'accomplit entre les Diablerets et le Wildstrubel, soit sur près de 40 km. de longueur. Mais à ce titre elle ne doit pas être donnée comme exprimant une loi; ce n'est qu'une simple curiosité. Le point de vue de M. SCHARDT est tout à fait conforme à ce que M. HAUG a appelé le relaiement des plis, en attirant l'attention sur le phénomène qui s'accomplit le long du val Triquent et du Col-de-Cheville.

Quant au mécanisme de l'évolution de ces plis, y compris le charriage préalpin, M. LUGEON tend à admettre que tout cela s'est accompli en grande profondeur et que l'entassement en profondeur de ces plis aurait produit le bourrelet alpin, tout comme cette intumescence aurait pu rester inaperçue, au cas où un enfoncement aurait compensé cet épaississement de l'écorce terrestre. M. SCHARDT est au contraire de l'avis que c'est là un phénomène superficiel. Le chevauchement des nappes préalpines sur les faciès helvétiques a précédé l'évolution des plis couchés dans ces derniers terrains! C'est le déroulement de ces plis qui a produit le charriage, enlevant les nappes préalpines de leur racine et les portant vers le N.

Répondant à M. Schardt, M. LUGEON le remercie de son élogieuse et précieuse critique. A propos de *la coupe du Balmhorn aux Löhner*, il maintient sa manière de voir sur la superposition des nappes de recouvrement et sur leur tendance à leur déversement successif et progressif vers l'avant. Contrairement à l'exemple cité par M. Schardt, le Massif de Balmhorn n'a pas la disposition simple de couches régulièrement superposées de Nummulitique aux roches cristallines. Ce massif est en effet formé par un pli couché plongeant, peut-être même par deux plis couchés. La base seule est autochtone. Ainsi le sommet du Balmhorn est formé par du Lias supérieur, alors que dans les parois qui dominent la Dala on voit deux fois le Dogger. Au-dessus de ce ou de ces plis plongeants se trouve, dans la petite chaîne du Gellihorn, entre la route de la Gemmi et la vallée d'Uschinen, un nouveau pli frontal. Enfin le massif des Löhner sur Adelboden est lui aussi formé par un troisième pli frontal. Ainsi sur la même coupe on voit trois plis couchés superposés dont les têtes tendent à avancer d'autant plus vers le N qu'elles sont plus supérieures.

Digitized by Google

Avalanche du glacier du Rossboden (Simplon)

PAR

Dr H. SCHARDT,

prof. à Neuchâtel.

Lors de la réunion de Zofingue en 1901, MM. FOREL et SCHARDT avaient déjà communiqué les résultats préliminaires de leurs recherches sur ce mémorable événement qui a affecté la forme d'une véritable avalanche de neige, remplissant le vallon du Krummbach entre le hameau d'Eggen et la Petite Chapelle, cote 1513 m., un peu en amont du village du Simplon. La présence de blocs nombreux de glace au milieu de la coulée de neige rendait évident que l'origine de cette catastrophe devait être cherchée dans l'éboulement d'un glacier situé près du sommet du Fletschhorn à la cote d'environ 3700 m. L'existence d'une encoche semi-circulaire sur le plus occidental des trois glaciers suspendus sur la face N du Fletschhorn indiquait nettement le point de départ. A la surface et au milieu de la coulée de neige il y avait d'innombrables blocs de pierre dont plusieurs de très grand volume (jusqu'à 1000 m^3). Il y avait donc lieu de penser que ces blocs pouvaient provenir d'un éboulement de rocher, ayant eu lieu simultanément avec la chute du glacier. Mais le plus grand nombre de ces blocs sont manifestement empruntés à la moraine que l'avalanche a entraînée sur son passage. Ils sont jaunis; leurs angles sont anciennement arrondis et ne portent guère de trace d'usure récente comme ceux d'un éboulement. La participation d'un éboulement de rocher à l'événement en question, aussi probable qu'elle devait paraître, a donc dû rester encore en suspens.

Depuis lors, j'ai pu examiner en détail la niche d'arrachement et m'assurer qu'à l'encoche dans le glacier correspond une entaille très nette dans le rocher sous-jacent. Les deux niches se sont agrandies notablement depuis la catastrophe. Des éboulements de rocher ont eu lieu très fréquemment pendant l'année qui vient de s'écouler; il en est tombé même pendant l'hiver. Pour cela la participation d'un éboulement

Digitized by Google

de rocher est très positivement établie. Il a été possible, en outre, de prendre de bonnes photographies de la niche d'arrachement, d'un point situé sur le Griesserengrat, à environ 2500 m. d'altitude, juste en face du sommet du Fletschhorn. La superposition de la brèche du glacier à une encoche de même forme dans le rocher sous-jacent est absolument évidente. La participation d'un éboulement rocheux est en outre prouvée par la poussière qui s'est répandue sur les environs après la chute. J'ai construit une grande carte à l'échelle de 1 : 3000, en agrandissant la carte Siegfried (1 : 50 000) et en dessinant tous les détails du glacier, de ses moraines et des traces laissées par le passage de l'avalanche d'après mes nombreux croquis et photographies. Cette carte donne une image très nette de ce remarquable phénomène et permet d'en retracer la marche. Le grand intérêt scientifique de cet événement réside dans le faible volume de l'éboulement initial (environ 300 000 m³ de rocher et 500 000 m³ de glacier), tandis que le volume de l'avalanche gisant sur le Sengboden et remplissant le vallon de Krummbach doit avoir été non loin de 5 000 000 de m³.

L'explication de ce contraste est donnée par le fait que l'éboulement initial a entraîné sur son passage toute la neige prête à glisser, qui recouvrait le glacier et la surface avoisinante, que l'immense avalanche a littéralement balayée, en grandissant toujours plus, jusqu'au moment où elle s'est arrêtée, en reconstituant une phase antérieure du glacier du Rossboden, entourée des anciennes moraines de celui-ci. Outre la neige, l'avalanche a entraîné presque la totalité de la moraine superficielle qui cachait totalement l'extrémité inférieure du glacier du Rossboden (environ 200 000 m³). Une partie de la moraine frontale de celui-ci a également été démolie et entraînée, ce qui est prouvé entre autres par le bloc servant de repère aux mensurations des variations de longueur du glacier, lequel gît aujourd'hui à côté des chalets de Seng, à près de deux kilomètres de son gisement primitif, à l'extrémité de la langue du glacier ! La plus grande partie de l'éboulement rocheux n'est cependant pas arrivée jusqu'au champ de déjection de l'avalanche, puisque les pierres fraîchement brisées, attribuables à la chute du soubassement rocheux du glacier, sont relativement peu nombreuses à côté des blocs empruntés à la moraine. Cela ressort de l'existence à la surface du glacier, dans la partie concave peu inclinée de la courbe qu'il décrit au pied de la cataracte, d'un vaste champ de décombres, nettement caractérisé comme nappe d'éboulement.

La marche du phénomène peut donc se reconstituer comme

Digitized by Google

suit : le rocher disloqué et pourri supportant le petit glacier du Fletschhorn s'est éboulé, entraînant dans sa chute les deux tiers du glacier. Toute cette masse s'est abattue sur le névé de concentration peu incliné du glacier du Rossboden (3250 m. environ). Les blocs de glace, grâce à leur mobilité, ont naturellement devancé l'éboulement rocheux, dont une grande partie s'est arrêtée déjà sur ce plateau (augmenté depuis lors par les éboulements subséquents qui n'ont généralement pas atteint la cataracte). L'entraînement de la neige par la coulée de glace et le rabottage des séracs de la cataracte ont donné naissance à l'avalanche initiale qui s'est abattue dans le lit du glacier au pied de la cataracte où prend naissance une courbe d'environ 60° avec l'ancienne direction. Là l'avalanche s'est divisée en deux bras ; l'un suivant le lit du glacier enserré entre de hautes moraines latérales ; l'autre, sans doute la partie supérieure de la coulée, a débordé pardessus la muraille morainique latérale nord, en projetant une gerbe de glace et de pierres sur le pâturage de Griesseren (2300 m.), et s'écoulant ensuite, conjointement avec une coulée de débordement plus importante, sortie du glacier plus bas, dans l'étroit couloir entre la moraine latérale N et le rocher de Griesseren. Arrivées au Sengboden, les deux coulées se sont réunies. Celle qui a suivi le lit du glacier, la plus importante apparamment, a complètement balayé la moraine superficielle recouvrant la langue du glacier et dont les matériaux ont été littéralement délayés dans la masse de neige et de glace, de sorte que les pierres, comme les blocs de glace, ont été très régulièrement disséminés dans la masse de l'avalanche. Ce fait était nettement visible dans les tranchées de la route et sur les surfaces de cassure produites par l'effondrement des voûtes recouvrant le Krummbach.

La gerbe qui s'est abattue sur la Griesserenalp a été accompagnée d'un effet pneumatique puissant, car elle a projeté une grêle de pierres sur la Rossbodenalp (Oberstafel) dont plusieurs chalets ont été démolis. Plus loin, le vent, emportant pierres, sable, glace, etc., a touché la forêt de mélèzes près de Alte Stafel, puis a ricoché vis-à-vis sur la forêt de la moraine sous Lighien (1728 m.), où il a encore apporté de petites pierres. Les gros blocs enlevés à la moraine frontale surtout doivent avoir suivi de près l'avalanche, car ils gisent presque tous à la surface dans la partie amont et ont labouré le sol.

Ce phénomène est dû à la connivence de plusieurs circonstances, notamment l'époque de l'année, favorable à la formation des avalanches. En été ou en automne, il aurait eu des

Digitized by Google

conséquences moins graves. C'est un événement peut-être unique en son genre.

Le service topographique suisse fait lever actuellement une carte au 1 : 10 000 de la zone parcourue par l'avalanche. On pourra probablement faire d'après ces levés des déterminations plus exactes de son volume, surtout de celui de la glace et du rocher arraché.

Poussières éoliennes

PAR

F.-A. FOREL.

Plusieurs chutes de poussières ont été signalées en Suisse dans l'été de 1902 et ont été attribuées aux cendres volcaniques projetées dans l'atmosphère par les éruptions de la Montagne Pelée de la Martinique et de la Soufrière de Sainte-Lucie des Antilles. J'ai reçu des échantillons de ces poussières recueillies à Huttwyl (Berne) le 18 mai, à Morges vers le 28 mai, à La Conversion près Lausanne le 22 juin, à Monthey (Valais) le 2 août, à Lausanne le 7 août; après les avoir étudiées et comparées aux cendres des volcans des Antilles, je puis déclarer qu'il n'y a aucune analogie entre ces poussières recueillies en Suisse et les cendres volcaniques de la Martinique; ce sont des poussières indigènes. Une seule chute signalée par les journaux, à Frauenfeld, le 23 juin, n'a pu être étudiée sur échantillons; mais d'après un rapport très précis de M. le professeur Cl. Hess, ces cendres étaient de provenance certainement locale.

Quant à la chute du 2 août à Monthey, elle est très probablement du sable éolien apporté du Sahara d'Afrique par les vents. Le sable recueilli par M. l'ingénieur Contat est entièrement semblable par tous les caractères avec les sables du Sahara qu'on observe souvent en Sicile et dans l'Italie du Sud; en particulier avec celui de la célèbre chute du 11 mars 1901 en Sicile, en Italie, en Tyrol, en Danemark. La chute du 2 août n'a pas été constatée seulement à Monthey : nous en avons des descriptions parfaitement concordantes (malheureusement sans échantillons) d'Aigle, M. Pierre Piguet Pellone, et de Morges, Mlle H. M. De plus, M. le Dr F. Reverdin a constaté à la même époque la couleur étrange jaune brique des neiges du glacier du Géant au mont Blanc, et M. Paul Laufer a fait une observation analogue au col de l'Alphubel (Mischabel).

Digitized by Google

Mineralien aus dem Binnenthal, Kanton Wallis.

Von Prof. Dr H. Baumhauer (Freiburg).

1. *Silikate.* Schwarze, bis etwa 1 Cm. dicke Turmalinkrystalle, zusammen mit Eisenglanz, gefunden zwischen Chervandone und Fleschhorn. Hell- bis braungrüne kleinere Turmaline, zum Teil mit glänzenden Endflächen, im weissen körnigen Dolomit vom Lengenbach. Prächtige, bis etwa 3 Cm. grosse Krystalle von Titanit von gelbgrüner Farbe, klar oder mit Chlorit erfüllt, Zwillinge nach oP, vom Ofenhorn; die tadellosen als Schmucksteine geeignet. Fuchsit in prächtigen, smaragdgrünen Krystallen im weissen Dolomit; besonders schön die Stufen mit Fuchsit, Realgar und Pyrit. Ein etwa 2 Cm. grosser, sehr regelmässiger Vierling von Adular nach dem Bavenoer Gesetz, im weissen Dolomit.

2. *Carbonate* und *Sulfate.* Glänzende, wasserhelle oder schwach gelbliche Krystalle von Dolomit, die wasserhellen besonders flächenreich; Zwillinge nach ∞R. Es herrschen oR und mehrere Rhomboëder 1. Art, ferner erscheinen ∞P$_2$, sowie Rhomboëder 2. und 3. Art. Der Vortragende beobachtete namentlich folgende Rhomboëder 1. Art:

$$+\tfrac{2}{5}\text{R},\ +\tfrac{4}{7}\text{R},\ +\tfrac{8}{11}\text{R},\ +\text{R},\ +4\ \text{R},\ -2\ \text{R},\ -\tfrac{4}{5}\ \text{R}$$

Nimmt man hiezu das sonst am Dolomit gefundene -8R, sowie die noch nicht beobachteten

$$+\tfrac{8}{17}\text{R},\ +\tfrac{8}{5}\text{R}\ \text{und}\ -\tfrac{8}{7}\text{R},$$

so hat man eine geschlossene Reihe von 11 Formen, welche dem allgemeinen Symbol $\frac{8}{2 \pm n.3}$R entsprechen. Es wurden noch beobachtet $+\frac{l}{r}\frac{^8/_9\,\text{P}_2}{2}$ und $+\frac{r}{l}\frac{^8/_3\,\text{P}_2}{2}$, sowie in der Zone $\frac{l}{r}\left(+\text{R} : -\frac{4}{5}\text{R}\right)$ mehrere neue Rhomboëder 3. Art.

Besondere Aufmerksamkeit wurde auf die Erwerbung von Baryt resp. Barytocölestin verwendet. Nach Nemi-

Digitized by Google

NAR (1876) soll der Barytocölestin des Binnenthales ein Axenverhältnis aufweisen, welches nicht zwischen dasjenige des Baryt und das des Cölestin fällt. Indes wurden von ihm Axenverhältnis und Winkel unrichtig berechnet, worauf schon GOLDSCHMIDT in seinem *Index der Krystallformen* hinwies. Die vom Vortragenden an einem, dem NEMINAR-schen recht ähnlichen Krystall ausgeführten Messungen ergaben das Axenverhältnis $a : b : c = 0{,}8132 : 1 : 1{,}3123$, welches dem des Baryt sehr nahekommt und innerhalb der Verhältnisse von Baryt und Cölestin liegt. Der Vortragende beabsichtigt, die betreffenden Beobachtungen zu vervollständigen.

3. *Sulfide* und *Sulfosalze*. Ausser kleinen, flächenreichen und stark glänzenden Krystallen von Realgar wurden bis 2 Cm. grosse Krystalle dieses Minerals erworben, welche jedoch im allgemeinen wenig gut gebildet und, wohl infolge einer längeren Berührung mit Wasser, matt sind. Das grösste Interesse erwecken aber die verschiedenen, so formenreichen *Bleisulfarsenite*, deren Zahl nunmehr nach den letzten Untersuchungen von SOLLY auf 6 gestiegen ist: Sartorit oder Skleroklas $Pb\,S\,.\,As_2\,S_3$, Liveingit $5\,Pb\,S\,.\,4\,As_2\,S_3$, Baumhauerit $4\,Pb\,S\,.\,3\,As_2\,S_3$, Rathit $3\,Pb\,S\,.\,2\,As_2\,S_3$, Dufrénoysit $2\,Pb\,S\,.\,As_2\,S_3$, und Jordanit $4\,Pb\,S\,.\,As_2\,S_3$, an welche sich noch der als Tennantit erkannte Binnit und der Seligmannit anschliessen. Der rhombische Seligmannit, welcher vom Vortragenden 1901 zuerst gefunden wurde, entspricht vielleicht der normalen sulfarsenigen Säure $H_3\,As\,S_3$ und wäre dann wohl analog dem Bournonit $2\,Pb\,S\,.\,Cu_2\,S\,.\,Sb_2\,S_3$, welchem er hinsichtlich seiner Winkel und dem Habitus der Krystalle auffallend nahe steht. Leider konnte bisher noch nicht zu einer Analyse hinreichendes Material dieses Minerals zusammengebracht werden. Von diesen, im weissen körnigen Dolomit meist in einzelnen Krystallen auftretenden Mineralien sind am häufigsten Skleroklas, Jordanit und Binnit, dann folgt Rathit, während Dufrénoysit und Baumhauerit selten, Liveingit und Seligmannit wohl am seltensten gefunden werden. Von bezüglichen Erwerbungen sind besonders zu nennen mehrere sehr schöne Binnite, Rathit mit zuweilen feinster schräger Zwillingsstreifung, ein Krystall von Baumhauerit, an welchem zahlreiche Messungen ausgeführt wurden (vgl. SOLLY's Abhandlung in *Mineralogical Magazine* 1902, Vol. XIII, N° 60), Jordanit von besonderer Schönheit

Digitized by Google

und Seligmannit (ein zwar sehr kleiner, aber vorzüglich ausgebildeter Krystall wurde neuerdings vom Vortragenden in den Sitzungsberichten der k. Preussischen Akademie der Wissensch., 1902, XXVIII, 611 beschrieben).

In letzter Zeit erhielt der Vortragende noch einige, bis 3 Cm. grosse lose Krystalle, wahrscheinlich von Skleroklas, welche die Form schilfähnlicher Prismen oder dicker gestreckter Tafeln besitzen. Dieselben wurden im Lehm, wohl in Spalten des weissen Dolomit, gefunden; viele derselben zersprangen den Findern in der Hand, wie ja die Krystalle von Skleroklas in den Sonnenstrahlen oder durch die Körperwärme leicht unter scharfem Knalle zerspringen.

Leider fallen viele der besten Krystalle aus dem Dolomit des Lengenbaches der angewandten Gewinnungsmethode zum Opfer, indem sie — und dies gilt namentlich von den so spröden Bleisulfarseniten — durch die Erschütterung der Sprengschüsse zerschmettert werden. Auch die auf den Stufen aufsitzenden Krystalle sind oft von feinen Sprüngen durchzogen und können deshalb selbst bei grösster Vorsicht kaum unverletzt zum Zwecke der Messung abgelöst werden. In vielen Fällen ist aber das betreffende Mineral ohne Messung nicht zu bestimmen. Dazu kommt, dass eine Erschöpfung des Dolomitlagers in nicht zu ferner Zeit zu befürchten ist. Nach Ansicht der Mineraliengräber dürfte dasselbe in circa 12 Jahren ausgebeutet sein; damit wäre für die Schweiz eine Quelle der schönsten und interessantesten Naturprodukte versiegt.

Digitized by Google

Ueber den Kristallbau des Lepidolith.

Von Prof. Dr H. Baumhauer.

Professor Baumhauer legt *Mikrophotographien* von basischen Spaltungsplatten des genannten Minerals vor, welche mit verdünnter Flusssäure geätzt wurden. Die Aetzfiguren des Lepidolith verweisen denselben in die hemimorphe Abteilung des monoklinen Systems, welcher nach früheren Beobachtungen des Vortragenden auch der Zinnwaldit angehört. Im allgemeinen sind aber die Aetzfiguren des Lepidolith mehrfacher, im wesentlichen zweierlei Art, wobei dieselben entweder auf solchen Teilen der betreffenden Platte liegen, welche einen grossen Winkel der optischen Axen zeigen, oder auf solchen, bei denen dieser Winkel kleiner oder sehr klein ist. Beiderlei Teile können entweder durch eine scharfe Grenze getrennt sein (brauner Lepidolith von Mursink), oder sich stellenweise in inniger Verbindung resp. Ueberlagerung befinden. Im letzteren Falle sind die Verhältnisse, welche nach der Aetzung oder bei der optischen Prüfung hervortreten, oft recht kompliziert (Lepidolith von Penig in Sachsen). Aus den bisher gemachten Beobachtungen geht wohl mit Bestimmtheit hervor, dass ebenso, wie dem Zinnwaldit mit grossem Winkel der optischen Axen der eisenreiche Rabenglimmer mit sehr kleinem Winkel gegenübersteht, es auch beim Lepidolith eine Varietät mit grossem und eine solche mit sehr kleinem Winkel der optischen Axen gibt, welche Varietäten sich zugleich durch verschiedene Aetzfiguren unterscheiden. Der Vortragende schlägt vor, dieselben als Makrolepidolith und Mikrolepidolith zu bezeichnen, welche Namen an den grossen oder kleinen Winkel der optischen Axen erinnern sollen. Die betreffende Untersuchung ist noch nicht abgeschlossen.

Digitized by Google

Une cause possible des éruptions volcaniques

PAR

A. Rossel (Soleure).

Les expériences au four électrique ont ouvert un horizon nouveau pour l'explication de la combinaison chimique; des minéraux, inconnus jusqu'ici, ont été fabriqués artificiellement et des propriétés nouvelles ont été découvertes. C'est ainsi qu'un cristal de quartz chauffé au four électrique, à la température relativement peu élevée produite par 70 volts et 4 à 500 ampères, se volatilise complètement; il est facile de volatiliser de même la chaux, la magnésie et en général tous les composés renfermant de l'oxygène, les silicates, les carbonates, etc.

Cependant ceux-ci peuvent subir un effet de réduction; quand on chauffe au four électrique de la silice avec de l'alumine, de la chaux, du charbon, du fer, etc., il se produit des corps nouveaux peu volatils, qui restent dans le creuset des fours, et l'oxygène se dégage à l'état d'une combinaison gazeuse. Ces composés stables sont des carbures, des silicures, des phosphures, etc., qui résistent à de hautes températures, mais qui tous sont décomposables par l'eau.

Si nous appliquons cette réaction à la formation de la terre par refroidissement, nous devrons admettre, en nous basant sur les réactions chimiques générales, que les premiers minéraux produits étaient des combinaisons d'éléments entre eux : CaC_2, Al_4C_3, Al_4Si_3, Mg_2Si, etc., exempts d'oxygène. Ces minéraux sont restés dans cet état, formant la première couche terrestre, jusqu'à ce que les circonstances aient permis la formation de l'eau ou de la vapeur d'eau, et dès qu'ils ont été mis en contact avec, il doit s'être produit une réaction très active dont le résultat a été la formation d'oxydes, par conséquent de la chaux, de l'alumine, de la magnésie, etc., et de gaz inflammables, par exemple :

$$CaC_2 + H_2O = CaO + C_2H_2$$
$$Al_4Si_3 + 6H_2O = 2Al_2O_3 + 3SiH_4$$
$$Al_4C_3 + 6H_2O = Al_2O_3 + 3CH_4.$$

Digitized by Google

Ensuite la combustion des gaz inflammables a donné naissance aux réactions suivantes :

$$C_2H_2 + 5O = 2CO_2 + H_2O$$
$$SiH_4 + 4O = SiO_2 + 2H_2O$$
$$CH_4 + 4O = CO_2 + 2H_2O.$$

Il s'est donc formé d'une part des oxydes métalliques terreux, d'autre part les oxydes qui forment les acides des terres importantes : acide silicique et acide carbonique. De là à expliquer la formation des silicates et des carbonates il n'y a plus bien loin.

Il est permis maintenant d'appliquer ce qui précède à l'explication de certains phénomènes volcaniques :

La terre se refroidit progressivement. Le refroidissement provoque des plis de la croûte terrestre et il peut en résulter des fissures. Par ces fissures il s'introduit de l'eau et des minéraux renfermant de l'eau d'hydratation peuvent pénétrer en profondeur. Il se produit alors des réactions chimiques des plus énergiques qui donnent naissance à des gaz ayant la propriété de brûler à l'air, et à des oxydes métalliques. La réaction peut être cause de tremblements de terre et d'éruptions volcaniques.

En tous cas, si la terre est arrivée à son état actuel par refroidissement progressif, et si l'intérieur du globe se trouve encore actuellement à des températures suffisamment élevées pour provoquer la volatilisation des corps oxygénés, l'oxygène doit faire complètement défaut dans ces régions profondes.

L'oxygène se trouverait en totalité à la surface du globe, en mélange dans l'air atmosphérique et en combinaison dans l'eau et les minéraux oxygénés, qui tous sont des cendres volcaniques décomposées. Il semblerait donc inexact de dire que le globe se compose d'environ quatre cinquièmes d'oxygène et un cinquième d'autres éléments, hypothèse qui, du reste, ne concorde pas avec le poids spécifique de la terre.

Il est très important, pour arriver enfin à une explication scientifique des éruptions volcaniques, de faire des analyses répétées des fumerolles et des cendres très divisées (cendres blanches volatiles) des volcans, travail trop négligé et à propos duquel M. Moinau vient de faire un rapport très important à l'Académie française.

M. Rossel fait circuler un bel échantillon de carbure d'aluminium fabriqué par M. le Dr Landriset, à Genève, donnant par décomposition, avec six molécules d'eau, de l'alumine et du méthane.

Digitized by Google

Glaciers du Spitzberg pendant l'été 1902

PAR

A. Brun (Genève).

Types : Le Spitzberg présente tous les types de glaciers ; le véritable type alpin n'avait cependant pas encore été rencontré.

Ayant eu le rare bonheur de voir, entièrement libre de brouillard, la chaîne de montagne de Prinz Karl Voreland, j'ai pu constater les glaciers de type alpin tout à fait caractéristiques avec propre cirque d'alimentation, forme générale allongée en langue, formant un contraste frappant avec les glaciers de type polaire existant dans la même chaîne.

Tous les glaciers qui se jettent à la mer ne sont pas les déversoirs de l'*Inland Ice ;* le glacier de l'E de Recherche-Bay, par exemple, est un glacier fermé qui possède son propre cirque d'alimentation, ainsi que l'exploration de cet été l'a montré.

Chinesewall : On sait que les glaciers du Spitzberg se terminent par la muraille de Chine très bien décrite par Garwood. Sur le Flower-glacier cette muraille semble être double, c'est-à-dire qu'il en existe une à la terminaison du glacier sur terre et une seconde d'un mètre et demi environ de hauteur, à la terminaison du névé, sur la glace.

Grain du névé et du glacier : Le grain du névé a semblé en général de dimensions beaucoup plus considérables que dans nos Alpes. Le névé était excessivement granuleux jusqu'aux profondeurs accessibles, deux mètres : et le grain pouvait atteindre trois millimètres de diamètre déjà à la surface (Flower-glacier).

Il semble que la transformation cristalline se fait ici en place, sans mouvement et d'une façon rapide, la température

Digitized by Google

moyenne de l'été étant celle convenable à ce travail molécuculaire, sans amener un excès de fusion.

Grain du glacier : Sur le glacier de l'E de Recherche-Bay un grain de glacier présentait un volume de 450 à 500 cc. En général les grains étaient un peu plus gros que ceux que l'auteur a observé sur les langues des glaciers alpins, mais sans avoir de dimensions extraordinaires.

Eau et torrents : En raison du climat particulier du Spitzberg, l'eau n'existe et n'agit activement par son ruissellement que sous le 78°.environ. A Smeereburg et Magdalena-Bay, les glaciers sont secs ; il a été impossible d'y constater le moindre torrent ou ruissellement ni supra ni infra-glaciaire, en août. Au glacier S de Magdalena-Bay il existe de minuscules ruisselets supra-glaciaires. A Recherche-Bay le glacier de l'E est un peu plus humide, mais n'a pas présenté de ruisseaux supra-glaciaires nets, à part des ruissellements très minimes, et pas d'apparence de torrents infra-glaciaires, du moins dans la moitié du front qui se jette à la mer. A Flower-Valley le cours d'eau de la vallée s'échappe des neiges et non pas du glacier.

La durée de la période de fusion étant très courte, des observateurs peuvent la manquer. (Comparer avec Sir Martin Conway, observations faites au Kings Bay.)

Erosion et avalanches : Les cônes apparents d'avalanches de neige sur les hautes crêtes sont très rares. Il n'a pas été vu de traces d'avalanches de rochers fraîches. L'absence de ruissellement a comme conséquence une érosion très ralentie : par exemple, les contreforts du Mont-Marmier (Sassenbay) et les contreforts de la chaîne de Lussitania présentent des pentes recouvertes d'épaisses couches de terre végétale très meuble, que l'érosion n'attaque pas. Il se forme cependant par place des canyons.

La petitesse de la moraine indique aussi un ralentissement dans l'érosion, malgré les grandes parois rocheuses qui dominent certains glaciers (fond de Recherche-Bay, fond de Smeereburg). La petitesse de la moraine est la conséquence de la faiblesse de l'érosion. Les glaciers de type polaire présentent en général une bordure frontale, ayant tout à fait l'apparence de moraines portées encore sur la glace, de loin formant un ruban noir qui limite le glacier. De près, ces moraines présentent très peu d'épaisseur et des cailloux très épars répartis sur toute la hauteur de la pente terminale.

Digitized by Google

Une section à la mer du glacier sud au Magdalena-Bay a montré la moraine frontale formée de couches alternatives de cailloux et de glace. Toutes ces couches étaient relevées à leur terminaison, comme si la moraine présentait une résistance morte à leur avancement.

Boulderclay : Au Flower-glacier, il a été observé d'immenses amas d'un mélange intime de blocs (avec striation) de boue et de neige, présentant des stratifications plus ou moins régulières. A la surface ces masses étaient molles sur une certaine épaisseur.

On comprend qu'une élévation de température éliminant la neige laisse en place le Boulderclay, d'autant plus que l'eau est toujours en quantité insuffisante pour entraîner la boue. La décomposition chimique et la réduction en boue glaciaire se faisant *in situ* sans mouvement. De très beaux exemples ont été aussi vus à Recherche-Bay, glacier de l'E.

Recul : Le glacier de l'E de Recherche-Bay a reculé de 2500 m. (distance mesurée en canot). La moraine abandonnée n'est pas encore envahie par les mousses. Elle présente quelques mamelons contenant encore dans leur intérieur de la glace sub-fossile. (Comparer Sir Martin Conway : Yvory-glacier.) Malgré ce recul, le glacier présente encore un velage des plus accentués.

Chevauchement : M. Garwood avait déjà fait l'observation des glaciers tributaires passant par-dessus le glacier principal. Depuis la mer, il a été possible de faire la même observation. Sur un des glaciers des Seven-Ice-Mountains, un glacier tributaire avec sa moraine frontale habituelle circulaire, présentait un relief prononcé sur le plan du glacier principal.

Digitized by Google

Ueber die Grenze zwischen Oligocæn und Miocæn in der Schweizer Molasse.

Von H. G. Stehlin (Basel).

Herr Prof. Depéret in Lyon hat seit Ende der Achtzigerjahre eine grössere Anzahl vortrefflicher Arbeiten veröffentlicht, welche für die Säugetier-Palæontologie und für die Tertiärstratigraphie gleichermassen Epoche machen; für die erstere insofern sie dartun, wie wichtig die von der rein anatomischen Richtung etwas vernachlässigte Beachtung der stratigraphischen Verhältnisse für die Ermittlung der Phylogenese und der geographischen Geschichte der Säugetierwelt ist; für die letztere indem sie erweisen, welch vortreffliche Dienste gerade die von den Geologen so vielfach ignorierten Säugetierreste für eine einheitliche chronologische Gliederung der Tertiärschichten zu leisten vermögen.

Vor einigen Jahren haben nun Depéret[1] und sein Schüler Douxami[2] unsere schweizerische Molasse einer Revision unterzogen und die Einteilung derselben mit der für Frankreich adoptierten und in sorgfältiger Berücksichtigung der säugetier-palæontologischen Daten festgestellten Scala in Einklang zu bringen gesucht. So sehr ich selbstverständlich sonst die Autorität der Lyoner Geologen in allen derartigen Fragen anerkenne, so kann ich mich doch gerade vom säugetier-palæontologischen Standpunkte mit der in Vorschlag gebrachten Parallelisierung nicht in jeder Hinsicht befreunden; und da die Anschauungen Depérets bei den schweizerischen Geologen mehr und mehr die im allgemeinen so sehr verdiente Berücksichtigung finden, so möchte ich mir erlauben, Ihnen meine Bedenken in aller Kürze vorzulegen. Der Punkt, auf den sich meine Kritik richtet, ist die Fixierung der Grenze von Oligocæn und Miocæn im Complex der schweizerischen Molasse und die damit im Zusammenhang stehende chrono-

[1] Depéret, Sur la classification et le parallélisme du système miocène. *Bull. soc. géol. de France*, 1893.

[2] Douxami, Etudes sur les terrains tertiaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse occidentale. *Thèse* prés. à la Fac. des sciences de Lyon, 1896.

Digitized by Google

logische Einschätzung der Säugetierfaunen unserer unteren Süsswassermolasse.

In der französischen Scala figuriert als letzte säugetier-palæontologische Phase des Oligocæn die berühmte Fauna von St. Gérand-le-Puy. Diese Tiergesellschaft charakterisiert sich gegenüber den ihr vorangehenden als eine auffällig verarmte. Die Palæotheriden, welche am Ende des Eocæns die Scene beherrscht haben, sind seit dem unteren Oligocæn völlig verschwunden; die Perissodactylen sind bloss noch durch zwei *Rhinoceriden*, ein *Chalicotherium* und einem *Tapir* vertreten. Die grossen omnivoren Paarhufer, welche für das ältere Oligocæn so vorzugsweise charakteristisch sind, *Elotherien*, *Anthracotherien*, *Hypopotamen*, sind verschwunden. Von den Paarhufergeschlechtern altertümlichen Schlages finden sich überhaupt bloss noch die kleinen *Cœnotherien*. Im übrigen ist diese grosse Hauptgruppe der Huftiere vertreten durch die progressiven Geschlechter der ächten Schweine (*Palæochœrus*) und der Hirsche (*Amphitragulus* und *Dremotherium*). Von den Carnivoren und der Microfauna sehe ich hier ab, da sie, vorderhand wenigstens, für Betrachtungen wie die unsrige weniger Anhaltspunkte bieten.

Als älteste säugetier-palæontologische Phase des Miocæns gilt in der französischen Scala die nächstjüngere Fauna der sables de l'Orléanais. Dieselbe zerfällt in zwei Elemente von sehr verschiedener geographischer Bedeutung. Das eine umfasst Tiere, welche sich als die directen Nachfolger von solchen der Fauna von St. Gérand-le-Puy zu erkennen geben: *Palæochœriden*, *Hirsche*, *Nashörner*; das andere, das der Fauna vorzugsweise den Stempel aufdrückt, setzt sich zusammen aus Tiergestalten, die für den Boden Europas völlig neu sind und von auswärts eingewandert sein müssen; es beweist, dass sich um diese Zeit eine weite bis dahin verschlossene Pforte geöffnet hat, aus der sich der Ueberfluss eines grossen benachbarten Continentes in unser Gebiet ergoss. In den sables de l'Orléanais erscheinen die ersten *Dinotherien* und *Mastodonten*; der Pferdestamm hat wieder einen Vertreter in der Gestalt der *Anchitherium aurelianense*; die Suiden erhalten einen Zuwachs durch die *Genera Chœrotherium* und *Listriodon*. Daneben erscheint auch, als eine merkwürdig altertümliche Zutat, *Brachyodus onoïdeus*, ein grosser Anthracotheride. Derselbe ist lange Zeit mit ächten Anthracotherien verwechselt worden, bis Depéret vor einigen Jahren auf seine beträchtlichen morphologischen Abweichun-

Digitized by Google

gen und zugleich auf seine Bedeutung als Leitfossil hinwies. Ich zähle Brachyodus vorläufig, obwohl nicht mit völliger Sicherheit zu den Einwanderern; jedenfalls ist er sehr charakteristisch für den Horizont und wo sich Reste eines grossen Anthracotheriden auf primärer Lagerstätte in Gesellschaft von Mastodonten etc. vorfinden, darf nach bisherigen Erfahrungen mit Bestimmtheit geschlossen werden, dass Untermiocæn und Brachyodus vorliegt.

Die Grenze zwischen Oligocæn und Miocæn, wie sie die französische Skala annimmt, ist alo eine in säugetier-palæontologischer Hinsicht äusserst scharf markierte.

In der Schweiz nun verlegen DEPÉRET und DOUXAMI diese Grenze an die Basis der grauen Molasse von Lausanne; diese gilt ihnen als unteres, der Muschelsandstein als oberes Untermiocæn oder Burdigalien. Andererseits wird dann die Mehrzahl der Säugetier-Fundorte der untern Süsswassermolasse: Hohe-Rhonen, Rochette, Aarwangen, Bumbach etc. dem oberen Oligocæn oder Aquitanien zugerechnet.

Dazu ist folgendes zu bemerken: Die leider sehr dürftigen Säugetierreste aus dem Muschelsandstein, um deren Sammlung sich insbesondere Hr. Prof. STUDER bemüht hat[1], lassen diesen Horizont in der Tat als Aequivalent der sables de l'Orléanais erscheinen. Die Gegenwart von Mastodon und eines Cerviden, von Dimensionen, die im Oligocæn nicht beobachtet werden, stellen das miocæne Alter der Ablagerung ausser Zweifel, auch wenn sich das Vorkommen von Antilopen, das Hr. Prof. STUDER aus sehr kümmerlichen Spuren erschlossen hat, nicht bestätigen sollte; und anderseits wird dieselbe an die Basis des Miocæns verwiesen durch die Gegenwart von Palæochœrus aurelianensis und Brachyodus, auf welch letztern Hr. DEPÉRET, wie ich glaube mit vollem Recht, einen grossen Anthracotheriden-astragalus von Brüttelen bezieht.

Die hübsche Fauna aus der grauen Molasse dagegen, welche der Sammeleifer der Lausanner Geologen zusammengebracht hat, halte ich für das sehr exacte schweizerische Aequivalent der Fauna von St. Gérand-le-Puy; sie umfasst:

Palæochœrus Meisneri.	Tapirus spec.
Cainoth. spec.	Kleiner Rhinoceride.
Dremotherium spec.	Mittelgrosser Rhinoceride.

[1] STUDER, Die Säugetierreste aus den maricæn Molasseablagerungen von Brüttelen. *Abhandl. der schweiz. pal. Ges.*, Vol. XXII (1895) 1896.

Digitized by Google

Also lauter Formen, die im obersten Oligocæn zu erwarten sind und andrerseits auch nicht die geringste Spur jener grossen Einwanderung die im Orléanais den Charakter der europäischen Fauna so plötzlich und so intensiv modificiert. Auch das Fehlen der Anthracotherien spricht durchaus für die Gleichzeitigkeit mit St. Gérand.

Wenn man daher die französische Scala auf die Schweiz anwenden will, so muss die Grenze zwischen Oligocæn und Miocæn etwas höher gelegt werden als durch DEPÉRET geschehen; sie scheint hier exact mit dem Uebergang zum Meeresregime zusammenzufallen.

Im Zusammenhang mit der zu tiefen Ansetzung dieser Grenze ist nun, wie ich glaube, auch die Mehrzahl der Säugetierfaunulæ der untern Süsswassermolasse als zu jung taxiert worden. Am meisten mit der Fauna der grauen Molasse übereinstimmend und wohl völlig äquivalent mit derselben ist diejenige des Braunkohlenlagers von Greit am hohen Rhonen; sie umfasst:

Palæochœrus Meisneri.	Mittelgrosser Rhinoceride.
Palæochœrus typus.	Chalicotherium spec.
Cainotherium spec.	Chalicomys spec.
Dremotherium spec.	Grosser Carnivor (Amphicyon).
Tapirus helvetius.	Kleiner Carnivor.

Auch hier wiederum, genau wie in St. Gérand findet sich weder von den grossen omnivoren Artiodactylen des ältern Oligocæns, noch von den neuen Einwanderern des beginnenden Miocæns die geringste Spur.

Schon älter ist die vorzugsweise durch das grosse Anthracotherium valdense charakterisierte Fauna der Lignite von Rochette. Es ist indes hiezu zu bemerken, das DEPÉRET die Fauna von St. Gérand-le-Puy nicht so scharf von den zunächst vorhergehenden abtrennt, wie ich soeben getan habe, sondern sie mit diesen letztern als Oberoligocæn oder Aquitanien zusammenfasst. Diese Abtrennung scheint mir aber wegen der oben hervorgehobenen faunistischen Veränderung sehr empfehlenswert; sie ist auch sehr leicht durchzuführen, indem man eine oberaquitanische von einer unteraquitanischen Säugetiergesellschaft unterscheidet. Rochette mag unteraquitanisch sein, jedenfalls ist es — und darauf kommt es mir hier an — älter als St. Gérand-le-Puy.

Noch etwas tiefer hinabrücken möchte ich die Fauna von Aarwangen. Dieselbe umfasst neben grossem Anthracothe-

Digitized by Google

rium einen Hyopotamus, der mir zur Gruppe der altoligocænen Hyopotamen von Ronzon und Hempstead zu gehören scheint und einen von Palæochœrus abweichenden Suiden, Doliochœrus, der in den Phosphoriten des Quercy wiederkehrt, in welchen die obern Etagen des Oligocæns bestimmt nicht mehr mit inbegriffen sind. Aarwangen mag nach der neuesten französischen Gliederung des Oligocæns als Stampien zu betrachten sein.

Noch tiefer hinab, ins untere Stampien und an die Grenze des Sannoisien dürfte die Fauna von Bumbach bei Schangnau gehören. Der Fundort hat neben einem kleinen Dremotheriden, einem grossen Carnivoren und einer Theridomysart, einen kleinen und einen grossen Rhinoceriden und ein grosses Anthracotherium geliefert. Chronologisch ausschlaggebend sind die beiden letztern Formen. Das Anthracotherium besitzt, wie KOWALEVSKI nachgewiesen hat, noch wohl entwickelte Seitenzehen und wir haben guten Grund diese isodactylen Glieder der Gruppe für älter zu halten, als die anisodactylen, die in Rochette, Cadibona etc. vertreten sind. Der grosse Rhinoceride besitzt noch auffällig einfache hintere Oberkieferpræmolaren, an denen das zweite Querjoch erst angedeutet ist. Solche Zähne findet man nie in den oberen Etagen des Oligocæns, die doch gerade an Rhinoceridenresten besonders ergibig sind. Eine der Bumbacher sehr nahestehende Form ist kürzlich von OSBORN unter dem Namen *Acerotherium Filholi*[1] aus den Phosporiten des Quercy beschrieben worden, und weitere sehr schöne Reste eines Tieres dieser altertümlichen Gruppe hat Hr. Dr Fridolin JENNY vor zwei Jahren in dem « tongrischen Meeressande » des Elsässer Beckens bei Klein-Blauen südlich von Basel gesammelt. Dass dieser Meeressand dem untern Oligocæn im Sinne der französischen Scala angehört, wird wohl von keiner Seite bezweifelt.

Die Säugetierfaunulæ der untern Süsswassermolasse würden sich demgemäss so ziemlich über den ganzen Umfang von Stampien und Aquitanien verteilen, anstatt wie angenommen worden, ausschliesslich der letztern Phase anzugehören und zum Teil sogar noch ins Miocæn hineinzureichen. Die säugetier-palæontologische Gliederung dieses Zeitraumes (Stampien und Aquitanien) bedarf überhaupt eines sehr sorgfältigen Studiums, da im Verlauf desselben keine neuen Ein-

[1] OSBORN, Phylogeny of the Rhinoceroses of Europe. *Bull. americ. Mus. of nat. hist.*, Vol. XIII, 1900.

Digitized by Google

wanderungen Epoche machen, so dass der chronologische Masstab diesmal lediglich in den leise vor sich gehenden Veränderungen der einheimischen Formen und der sich mehr und mehr accentuierenden Verarmung liegt.

Ich behalte mir vor, auf alle diese Fragen bei Anlass einer Neubearbeitung der Säugetierreste unserer Molasse zurückzukommen.

Ueber die Säugetierfauna aus dem Bohnerz des Chamblon bei Yverdon.

Von H. G. Stehlin (Basel).

Ich möchte Ihre Aufmerksamkeit einen Augenblick für eine, von palæontologischer Seite wenigstens, bisher noch nicht beachtete Säugetierfaunula aus dem schweizerischen Bohnerzgebilde in Anspruch nehmen. Dieselbe entstammt einer Spalte am Nordende des Chamblon bei Yverdon und ist seinerzeit von Herrn Professor Schardt in einer Arbeit über das Tertiär am Fusse des Waadtländer Juras[1] kurz signalisiert worden. Rütimeyer scheint diese Fundstelle ganz unbekannt geblieben zu sein.

Die Fossilien sind vor etwa dreissig Jahren gefunden worden und zwar vorwiegend durch Pfarrer Michaud in Yverdon, von welchem sie dann teils in den Besitz von Herrn Ingenieur Gagg in Morges, teils in denjenigen von Herrn Professor Schardt übergingen; ein Zahn und einige Knochen, durch die ich zuerst auf die Sache aufmerksam wurde, sind von Maillard im Museum zu Lausanne deponiert worden, und endlich fanden sich zwei Fundstücke im Berner Museum, in das sie mit der Sammlung Morlot gelangt waren. Dank dem gütigen Entgegenkommen der Herren Gagg, Schardt, Renevier, Studer wurde es mir möglich, diese gesammte kleine, aber doch sehr interessante Ausbeute in Basel zur Untersuchung zu vereinigen.

[1] H. Schardt, Notice géologique sur la molasse rouge et le terrain sidérolitique au pied du Jura. *Bull. soc. vaud. sc. nat.* XVI, 1880, p. 629.

Digitized by Google

Aus meinen vorläufigen Bestimmungen ergibt sich folgende Tierliste :

Lophiodon cfr. isselanum, Cuv.
Chasmotherium Cartieri, Rüt., fraglich.
Propalæotherium isselanum, Gerv.
Lophiotherium spec.
Paloploth. Rütimeyeri (n. sp. von Egerkingen).
Paloploth. Depéreti (n. sp. von Egerkingen).
Artiodactyl der Mixtotheriumgruppe.
Artiodactyl der Hyopotamusgruppe.
Sciurus spectabilis, F. Major.
Grosser Carnivor.
Crocodilier.

Alle genauer bestimmten Formen gehören dem mittleren Eocæn (Lutétien) an und es hat den Anschein, dass wir eine unvermischte Fauna dieser Epoche vor uns haben. Die Dokumente bestehen von zwei Kieferfragmenten abgesehen, aus einzelnen Zähnen, Bruchstücken von solchen und von Knochen. In der Farbe kommen dieselben näher mit gewissen Fundstücken von Egerkingen überein, als mit denjenigen von Mormont und St. Loup, wie denn auch der umhüllende gelbliche Bolus viel mehr an erstere Fundstelle erinnert als an die letztern.

Die genauere Bearbeitung dieser Chamblonfaunula beabsichtige ich im Zusammenhang mit einer seit längerer Zeit in Vorbereitung befindlichen Revision der gesamten Säugetierreste aus dem schweizerischen Bohnerzgebilde zu liefern und ich möchte die Gelegenheit benützen, um alle diejenigen Herren Collegen, welche mir weitere Materialien, die in diesen Rahmen gehören, signalisieren können, um ihre Unterstützung zu bitten.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE EN SUISSE

Nous n'avons plus de Livret-guide à prix réduit. Pour l'obtenir s'adresser à l'éditeur F. PAYOT, à Lausanne. Il reste encore chez notre caissier quelques *Separata* aux prix suivants :

Excursions dans le Jura (A I, II, III, B VI), chacune Fr. 1 —
Notices sur les Musées géologiques de la Suisse. » — 50

S'adresser à M. le prof. MÜHLBERG, à Aarau, en lui envoyant la valeur en *timbres-poste suisses*.

Chez GEORGES BRIDEL & Cie éditeurs à Lausanne.

A PARIS
A LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, boulevard St Germain.

A BALE
CHEZ GEORG & Cie
libraires.

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTE-RENDU DE LA 6e SESSION EN SUISSE

Août 1894, Zurich.

Prix avec 12 tableaux en couleurs :

25 francs. — 20 marcs. — £ 1. — $ 5.

CHRONOGRAPHE GÉOLOGIQUE

12 grands tableaux en couleur, avec texte explicatif, et Répertoire stratigraphique polyglotte,

par E. RENEVIER, prof.

Prix : **10 francs.** — Les tableaux seuls, en feuilles : **6 francs.**

Récentes publications de la

COMMISSION GÉOLOGIQUE FÉDÉRALE

En dépôt chez Schmidt & Francke, à Berne.

Carte géologique du Bassin du Léman,

2de éd. de la Fille XVI au 1 : 100 000, avec Notice explicative par RENEVIER et SCHARDT, 1899. — Prix : 10 francs.

E. LETSCH, Die Molassekohlen der Ostschweiz.

253 pages in-4°, avec 8 planches. — Prix : 10 francs.

Matériaux pour la Carte géologique. 2e sér. ; Livr. IX.

J. OBERHOLZER. Monographie einiger prähistorischer Bergstürze in den Glarneralpen.

209 pages in-4°, avec 4 planches et une grande carte géologique au 1 : 20 000, des environs de Glaris. — Prix : 15 francs.

Digitized by Google

AVIS

Le soussigné est en train d'élaborer un catalogue critique de tous les restes de Mammifères trouvés dans le terrain sidérolithique de la Suisse. Il prie tous les Musées et tous les particuliers qui en possèdent de bien vouloir les lui confier pour étude. Il sera très obligé à quiconque pourra lui signaler de pareils matériaux.

Der Unterzeichnete ist mit der Ausarbeitung eines kritischen Kataloges der gesammten Säugetier-Reste aus dem schweizerischen Bohnerzgebilde beschäftigt und ersucht alle Museen und Privatleute, welche solche besitzen, ihm dieselben zum Studium anvertrauen zu wollen. Er ist jedermann, der ihn auf Bestände solcher Materialien aufmerksam machen kann, zu grossem Dank verpflichtet.

H. G. Stehlin,
Naturhistorisches Museum, Basel.

Bonne occasion.

A vendre la série complète jusqu'à 1895 des

Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.

Livraisons I à XXXIV

avec les 25 feuilles au 1 : 100 000, dont quelques-unes entoilées.

Prix du bloc : **400 francs.**

S'adresser à Mme Veuve **AUG. JACCARD** au **Locle**, Neuchâtel (Suisse).

PRIX DES ECLOGÆ

Le vol. I des *Eclogæ* n'est plus en vente séparément.

	En librairie.	Aux membres.
Série des volumes I à V	Fr. 65 —	Fr. 55 —
Volumes II à VI, séparément . . .	» 12 —	» 10 —
Livr. séparées disponibles des vol. I à V	» 2 50	» 2 —

Dès le N° 1 du vol. VI le prix de chaque livraison est marqué sur la couverture. — Réduction de $^1/_4$ pour les membres.

Prix de ce fascicule : 3 francs.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

FEB 10 1947
LIBRARY

GJ-S

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la Société
E. RENEVIER, professeur.

Vol. VII, N° 5.

Avec 5 planches et 20 clichés.

Pages.

32. SCHARDT et DUBOIS. Géologie des Gorges de l'Areuse 367
(Pl. 11 à 15, Cl. 17 à 36.)

Table des matières du mémoire 475

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS
Avril 1903.

Digitized by Google

Les *Eclogæ* servent d'organe périodique à la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE *(Schweizerische geologische Kommission)*.

Les livres, cartes, etc., donnés en échange contre les publications de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

Tit. Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums,
(in Tausch mit der SCHWEIZERISCHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION)
in ZURICH

Les envois de livres, etc. destinés à la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, doivent être adressés :

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, p. adr. *Bibliothèque de la Société helvétique des sciences naturelles à BERNE.*

Annonces.

Les *Eclogæ* inséreront volontiers des annonces payantes de publications géologiques, comptoirs minéralogiques et paléontologiques, collections ou bibliothèques à vendre, etc. Le prix des annonces est de 5 fr. par *quart de page*, avec réduction pour les annonces plusieurs fois répétées.

Die *Eclogæ* nehmen gerne bezahlte Anzeigen über geologische Publikationen, mineralogische und paläontologische Geschäfte, zum Verkauf ausgebotene Sammlungen oder Bibliotheken, etc. auf. Der Preis der Annoncen beträgt 5 Fr. für die Viertelsseite mit Ermässigung bei Wiederholung derselben Anzeige.

PRIX SCHLÆFLI

proposé par la Société helvétique des sciences naturelles pour le 1er juin 1903.

Analyse chimique des eaux et du sol des grands lacs de la Suisse, discussion des résultats.

Pour renseignements s'adresser à

M. le professeur ALB. HEIM, HOTTINGEN-ZURICH V.

Digitized by Google

13620

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Description géologique de la région des Gorges de l'Areuse

(Jura neuchâtelois)

par H. Schardt et Aug. Dubois.

Avec une carte géologique, quatre planches de profils et vingt clichés.

AVANT-PROPOS

En 1898, l'un de nous se préparait à ajouter à son ouvrage sur les Gorges de l'Areuse [1] un chapitre géologique, aperçu stratigraphique et tectonique d'une portée tout à fait populaire. Malheureusement cette région peu accessible avant la construction des sentiers de promenade et des voies d'accès nécessitées par les travaux hydrauliques, n'avait jamais fait l'objet d'une étude géologique complète. Il n'y avait que peu à glaner dans la littérature géologique. Nos premières excursions nous firent découvrir tant de faits intéressants et nouveaux, autant pour la stratigraphie que pour la tectonique de la région, que nous décidâmes de procéder à un relevé géologique complet du territoire compris dans le cadre de la carte topographique au 1 : 15 000 de MM. Borel et Dubois.

Après avoir reconnu en commun les divers niveaux stratigraphiques et les lignes essentielles de la tectonique, M. Dubois a consacré un grand nombre de jours à compléter ce canevas par des levés détaillés sur les coteaux, ravins et couloirs. Malgré le soin que nous avons mis à vérifier plusieurs fois les résultats et à reviser le tout avant de dessiner

[1] A. Dubois. Les Gorges de l'Areuse et le Creux du Van. Ouvrage publié sous les auspices de la Société des sentiers des Gorges de l'Areuse. *Neuchâtel, Attinger frères.* 1901. 225 p. 4°. 57 fig. 7 pl. 2 cartes et 1 pl. de profils géol.

Digitized by Google

la minute de la carte, nous aurons quelques corrections et même une adjonction très importante à signaler.

Cette carte qui est le fruit des trois campagnes d'été a paru avec le volume de M. Dubois, accompagnée d'un aperçu géologique élémentaire et populaire.

La Société des Gorges de l'Areuse a bien voulu nous autoriser à faire faire un tirage à part de la carte et des profils, en vue d'une publication plus scientifique, destinée à faire connaître aussi aux spécialistes la structure si remarquable des Gorges de l'Areuse. Comme on le verra par l'aperçu historique qui suit, c'est presque un monde nouveau que nous ouvrons à la géologie, tout comme les sentiers des gorges l'ont ouvert auparavant aux amateurs de sites pittoresques et aux naturalistes.

L'existence d'un important pli-faille sur le flanc NW de la Montagne de Boudry ne peut plus être mise en doute. La stratigraphie nous a fourni ample moisson de faits nouveaux, sur les terrains crétaciques surtout. Les collections de Neuchâtel (Musée de la ville et collection Jaccard à l'Académie) ne renferment que fort peu de fossiles du Crétacique de cette région. Aussi les listes que nous donnerons sont-elles presque entièrement inédites. Nous avons revisé et complété avec soin les déterminations des fossiles des terrains jurassiques, qui, mieux à découvert que les couches du Crétacique, ont été souvent mentionnés; mais leur âge relatif est resté douteux pour plusieurs niveaux, et quelques-uns de ceux-ci ont été mal désignés.

Bien que nous nous soyions partagé le travail de rédaction, notamment en ce qui concerne la stratigraphie des terrains, nous avons tout revu et retouché ensemble, en sorte que le présent travail représente bien d'une manière homogène notre œuvre commune.

Nous nous empressons de remercier ici tout spécialement le comité de la Société des sentiers des Gorges de l'Areuse qui nous a facilité la publication de la carte géologique, ainsi que M. Mod. Clerc pour la détermination des fossiles des couches du Furcil, dont il s'est chargé, et M. le Dr Baumberger pour divers renseignements qu'il nous a fournis.

Orientation préliminaire.

Un coup d'œil jeté sur une carte topographique, ou mieux encore sur une carte géologique de la Suisse, montre que la vallée synclinale de Travers, resserrée entre la chaîne du

Digitized by Google

Chasseron-Creux du Van et la chaîne de **Monlésy-Malmont**, déverse ses eaux par une coupure oblique à la direction des plis, vers le lac de Neuchâtel. Cette coupure d'érosion constitue les Gorges de l'Areuse, dont nous aurons à entreprendre la description stratigraphique et tectonique-orographique.

Nous n'avons pas affaire ici à une cluse simple, ou à une cluse composée, comme celles de la Birse ou de la Suze près Bienne, devenues classiques dans la littérature; mais c'est d'une manière capricieuse, semble-t-il, que la rivière, quittant près du Vanel au NE de Travers le synclinal néocomien et tertiaire, s'engage au centre même de l'anticlinal du Malmont. Elle le quitte près de Noiraigue, pour redevenir longitudinale sur une certaine longueur; enfin elle coupe en cluse oblique la chaîne de la Montagne de Boudry pour aboutir au lac de Neuchâtel. Ce trajet, déjà compliqué en lui-même, est encore accidenté par des barrages d'éboulement et par des modifications dues aux importants dépôts glaciaires, tant jurassiens qu'alpins, qui sont appliqués sur les flancs de la vallée primitive, ou accumulés sur son fond. Dans la région des Gorges de l'Areuse, les deux chaînes anticlinales bordant le synclinal portent les noms de Montagne de Boudry (Chasseral-Creux du Van) et Solmont-Tourne (Monlésy-Malmont).

HISTORIQUE

La plus ancienne carte géologique du canton de Neuchâtel est celle que publia AUG. DE MONTMOLLIN, en 1839[1]. Ce géologue fit paraître en même temps, dans le tome II des *Mémoires de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel*[2], une notice explicative accompagnée de deux profils, dont l'un passe par les Gorges de l'Areuse. Celui-ci, que nous reproduisons (Cl. 17), est particulièrement intéressant, car il nous révèle la façon dont on interprétait à cette époque la structure géologique de la contrée. La Montagne de Boudry et la chaîne Solmont-Tourne étaient considérées comme les

[1] *Carte de la Principauté de Neuchâtel*, par D'OSTERWALD, coloriée par AUG. DE MONTMOLLIN. Ech. 1 : 65 000.

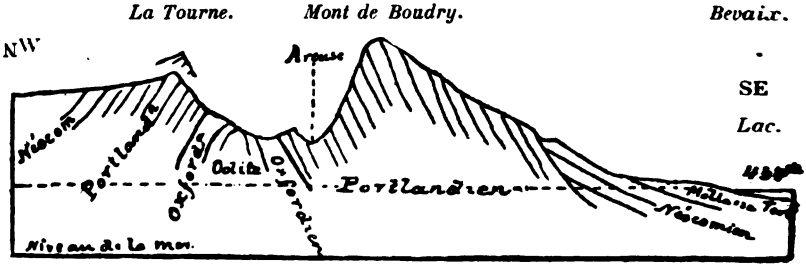
[2] *Abréviations des titres de périodiques:*
Bull. neuch. Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles.
Mém. neuch. Mémoires de la Société des Sciences naturelles de Neuchâtel.
Mat. carte géol. Matériaux pour la carte géologique suisse.
Eclogæ. Eclogæ geologicæ Helvetiæ.
Mém. Soc. pal. Mémoires de la Société paléontologique suisse.

Digitized by Google

deux flancs d'un vaste anticlinal rompu laissant affleurer dans le fond de la déchirure l'Oolite inférieure, soit le Jurassique moyen (Dogger).

Quant les couches redressées, visibles dans le voisinage du thalweg, furent reconnues plus tard comme appartenant au Portlandien de Thurmann (Portlandien, Kimeridgien et Séquanien), on expliqua leur situation anormale en les considérant comme des fragments effondrés de l'ancienne voûte, ce qui conduisit à une seconde interprétation. (Cl. 18).

En 1855 Desor, partisan convaincu de la théorie des plissements, qu'au cours de ses explorations dans les Alleghany, il avait pu juger plus rationnelle que celle des soulèvements de

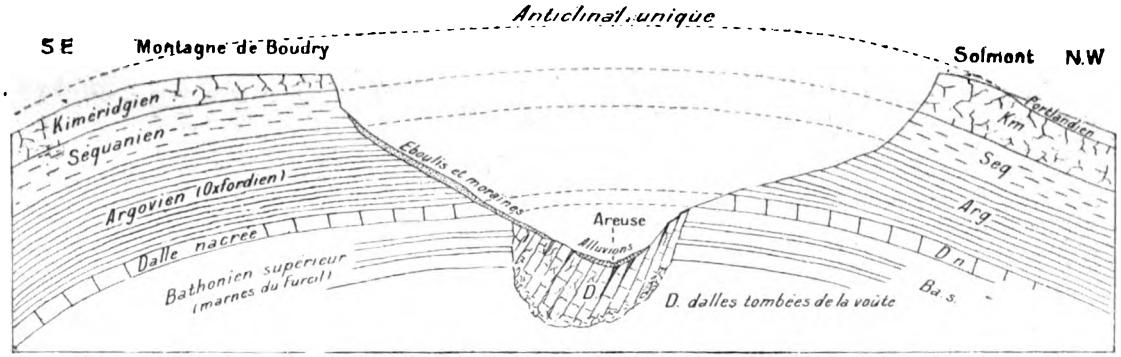


Cl. 17. — Profil géologique à travers les Gorges de l'Areuse, d'après Aug. de Montmollin, 1839.

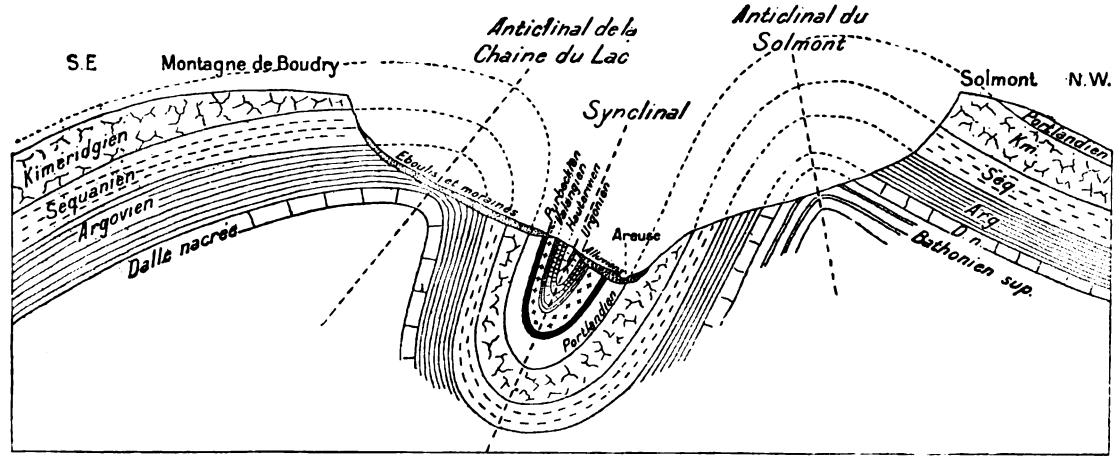
Thurmann, eut l'idée que ces couches redressées pourraient bien être en place, et que, dans ce cas, la Montagne de Boudry et la chaîne Solmont-Tourne devaient former deux anticlinaux distincts encadrant un synclinal étroit.

Desor fait remarquer d'abord que les couches redressées, si elles formaient le noyau d'une voûte, devraient appartenir aux étages inférieurs, tandis que celles qui sont visibles, entre autres au pied de l'Arêteau, à l'W de Rochefort, sont du même âge que celles des sommets voisins. Il signale ensuite l'imposant développement de ces mêmes assises dans le Dos d'Ane et note le fait que la voûte de la Tourne est d'ailleurs dessinée avec une parfaite netteté par les assises qui surmontent immédiatement l'Oxfordien (Argovien). Il conclut en disant que les Gorges de l'Areuse sont donc une vallée géologique si étroite qu'il est même possible qu'en certains points les deux flancs se soient assez rapprochés « pour absorber complètement la vallée. » La démonstration de Desor, bien que

Digitized by Google



Cl. 18. — Profil géologique à travers les Gorges de l'Areuse interprétant l'hypothèse d'un effondrement de la voûte portlandienne, 1855.



Cl. 19. — Profil interprétant l'hypothèse de l'existence d'un synclinal crétacique et tertiaire, pincé entre deux voûtes jurassiques, 1866.

Digitized by Google

nette et probante, manquait d'une confirmation que lui donnèrent l'année suivante GEORGES DE TRIBOLET et GRESSLY par une exploration sur le terrain. « S'il était vrai, écrit G. de Tribolet [1], que le Champ du Moulin fût un vallon de plissement, comme le Val-de-Travers ou le Val-de-Ruz, il était probable qu'on y découvrirait les formations crétacées et tertiaires qui comblent d'ordinaire le fond des bassins analogues du Jura. » Il dit ensuite que Gressly et lui reconnurent sur plusieurs points la présence du terrain néocomien, avec ses fossiles caractérisques, et que le premier de ces géologues, dans une seconde course, découvrit même les marnes rouges inframolassiques et le calcaire d'eau douce. Cette constatation conduit à la construction du profil rationnel. (Cl. 19).

Le 25 février 1859, G. DE TRIBOLET signale par une note très brève la présence, dans les Gorges de l'Areuse, de fossiles des Grès-verts, mis à découvert par les travaux du chemin de fer Franco-Suisse [2].

En 1869 paraît la première édition de la Feuille XI de la *Carte géologique de la Suisse*, au 1 : 100 000, coloriée par AUG. JACCARD. Une moitié de notre territoire s'y trouve figurée. L'échelle est trop petite, le rendu topographique trop flou, pour qu'on puisse s'attendre à une grande précision dans le figuré des terrains ; l'ensemble n'est pourtant pas trop inexact. Le pli-faille du versant N de la Montagne de Boudry n'est pas encore reconnu. Parmi d'autres lacunes ou erreurs nous relevons celles-ci : les rochers du sommet du cirque du Creux du Van sont indiqués comme Astartien (Séquanien) ; le repli crétacique, figuré par un affleurement de Hauterivien seulement, pénètre dans le Saut de Brot au lieu de passer au S.

En même temps que la Feuille XI, Aug. Jaccard publiait la sixième livraison des *Mat. carte géol.* Dans cette description étendue, il ne mentionne la région des Gorges de l'Areuse qu'à l'occasion des Couches de Brot, dont il fait du Lédonien, et des Marnes du Furcil. Il signale aussi le Spongitien de Fretereules ; mais sous le rapport tectonique il fait à peine mention de toute cette contrée qui, il faut le reconnaître, était à cette époque d'un accès peu aisé.

L'autre moitié du territoire des Gorges de l'Areuse est

[1] *Bull. neuch.* IV. 1856, p. 102, avec profil à la fin du volume : Pl. C.

[2] Voir à ce sujet : SCHARDT et DUBOIS, *Le Crétacique moyen du synclinal Val de Travers-Rochefort.* (*Bull. neuch.* XXVIII, 1900, p. 141).

Digitized by Google

située sur la Feuille XII de la *Carte géologique de la Suisse*, coloriée pour cette section aussi par JACCARD, en 1885. Les limites des terrains y sont assez exactes, sauf pour la bande crétacique du bord oriental qui est trop étroite, et pour le Portlandien qui est par contre trop étendu.

En 1877 parut la *Carte géologique du canton de Neuchâtel*, par PH. DE ROUGEMONT et M. DE TRIBOLET, au 1 : 100 000. Elle donne un peu trop de largeur au Néocomien (dont les trois sous-étages ne sont pas différenciés) du synclinal Val de Ruz-Val de Travers, et ne fait pas remonter assez haut la limite supérieure de ce même terrain dans le flanquement oriental. Elle indique au Creux du Van un pointement de Jurassique moyen trop étendu et inexactement situé.

La petite *Carte géologique du canton de Neuchâtel* au 1 : 160 000, publiée en 1878 par AUG. JACCARD, n'est guère en progrès sur les précédentes. Les limites des terrains y sont très imprécises ; elle indique un affleurement de Jurassique moyen beaucoup trop étendu et faussement placé sur le versant N de la Montagne de Boudry.

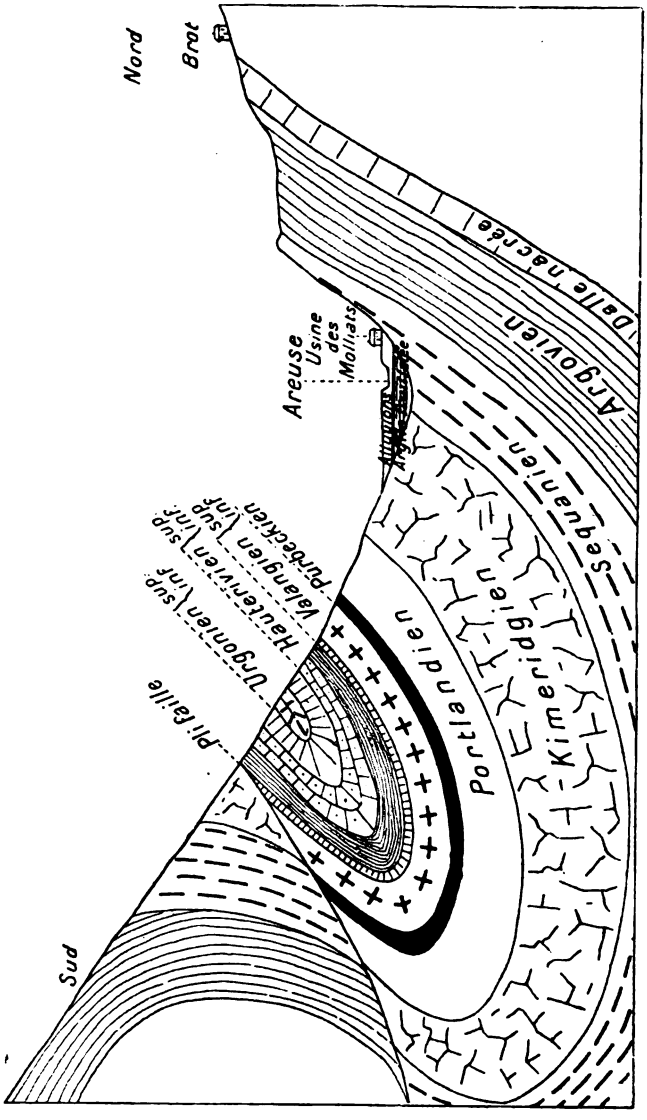
La seconde édition de la Feuille XI de la *Carte géologique de la Suisse*, revue par AUG. JACCARD, est par contre en progrès sensible. La Mollasse d'eau douce inférieure y est indiquée, les limites sont en général plus exactes ; en revanche le pointement de Dogger qui apparaît au Creux du Van est encore d'un demi-kilomètre trop au SW. Le Portlandien, dans le vallon du Champ du Moulin, occupe une trop grande surface aux dépens du Néocomien et le pli-faille reste encore insoupçonné, bien que son prolongement dans le Val de Travers soit figuré.

Cette Mollasse d'eau douce à laquelle il vient d'être fait allusion, et que Gressly avait déjà reconnue en 1856, renferme quelques minces filons de gypse. AUG. JACCARD lui consacre, à propos de ce minéral, un court article dans le *Rameau de Sapin*[1], accompagné d'une coupe où l'ont voit un lambeau de Néocomien, non plissé, pincé en discordance, entre les deux flancs du synclinal jurassique et butant par faille contre chacun d'eux. Cette interprétation est réfutée, en 1882[2], par M. Maurice de Tribolet qui a observé entre la Mollasse et le Jurassique supérieur, en parfaite concordance

[1] 1882, p. 33.
[2] *Bull. neuch.* XIII, 1883, p. 268.

Digitized by Google

de stratification, la Pierre jaune de Neuchâtel et la limonite du Valangien.



Cl. 20. — Profil géologique à travers les Gorges de l'Areuse par le Saut de Brot, montrant le pli-faille entre le synclinal néocomien et la voûte de la Montagne de Boudry, 1899.

Nous donnons finalement un profil qui interprète notre manière de voir. (Cl. 20.)

Digitized by Google

Les *dépôts glaciaires* des Gorges de l'Areuse ont fait l'objet de quelques travaux plus étendus. Parmi les plus importants nous énumérerons les suivants : *Note sur les terrains glaciaires stratifiés des Gorges de l'Areuse*, par le professeur Vouga [1] ; *le Lac glaciaire du Champ du Moulin*, par M. G. Ritter, ingénieur [2] ; *le Glacier des Gorges de l'Areuse*, par le même [3] ; *le Relèvement des couches glaciaires du Champ du Moulin*, par Aug. Jaccard [4] ; *le Glaciaire du Val de Travers*, par L. du Pasquier [5].

Enfin dans le domaine hydrologique, il y a lieu de signaler les écrits inspirés par les projets de travaux dont l'exécution a finalement conduit au captage d'une quantité d'eau potable suffisante pour l'alimentation actuelle de la moitié de la population du canton de Neuchâtel. Les principaux sont les mémoires publiés par M. G. Ritter dans les tomes XIII, XIV et XV du *Bull. neuch.*

On voit par ce qui précède que si les formations glaciaires et l'hydrologie des Gorges de l'Areuse ont inspiré quelques publications d'une certaine envergure, la stratigraphie et la tectonique de cette contrée n'ont en revanche jamais fait l'objet d'une étude quelque peu systématique. Les observations très espacées et généralement incomplètes de nos devanciers ne peuvent donc fournir une idée précise de la structure géologique de cette région du Jura pourtant si intéressante à tant d'égards.

En 1888, la Société des sentiers des Gorges de l'Areuse fit paraître la *Carte topographique au 1 : 15 000* de MM. Maur. Borel et Aug. Dubois. Grâce à l'échelle adoptée, elle devenait un auxiliaire précieux pour l'étude géologique de cette contrée. En possession de ce document, il nous fut possible de reprendre cette étude dans son ensemble et à la lumière des connaissances acquises aujourd'hui. Les résultats que nous livrons aujourd'hui à la publicité prouvent entre autres qne si la géologie jurassienne peut passer à cette heure pour un terrain bien piétiné, il est cependant encore possible d'y récolter nombre de faits inattendus.

[1] *Bull. Neuch.* VIII, 1868, p. 122.
[2] *Ibid.* XVI, 1888, p. 93.
[3] *Ibid.* XVII, 1889, p. 106.
[4] *Ibid.* XXI, 1893, p. 82.
[5] *Ibid*, XXII, 1894, p. 3.

Digitized by Google

Ire PARTIE — STRATIGRAPHIE

TERRAINS JURASSIQUES

A. DOGGER OU JURASSIQUE MOYEN

Le Lias n'affleure nulle part dans les Gorges de l'Areuse.

Nous admettons pour l'épaisseur du Dogger dans la région qui nous occupe 250 à 300 m. Ces chiffres sont plus élevés que ceux qui ont été reconnus jusqu'ici. Pour le Jura bernois, M. Rollier arrive à une évaluation moyenne de 170 m.[1] et de 200 m. comme maximum[2]. Desor et Gressly obtiennent 237 m.[3]. Nous sommes portés à forcer ces chiffres à cause des épaisseurs considérables qu'atteignent les étages supérieurs du Dogger au Furcil : *Dalle nacrée*, 43 m. au lieu des 34 de Desor et Gressly ; Marne dite à *Discoïdées*, 73 m. au lieu des 35 des mêmes auteurs. Cette exagération d'épaisseur peut provenir en partie de ce qu'au Furcil les couches visibles sont situées au sommet d'un anticlinal aigu, où elles auraient été tuméfiées. Cependant, rien n'est moins sûr, puisque dans la même localité d'autres assises, celles de l'*Argovien supérieur*, ont au contraire subi une énorme réduction d'épaisseur. Ce qu'il y a de certain, c'est que nulle autre part dans le Jura les *Couches du Furcil* n'apparaissent avec un développement pareil à celui que nous observons ici, dans la station classique de ce terrain.

Au Furcil même le Dogger est visible du sommet du *Callovien* jusqu'à la base (à très peu de chose près) de la *Grande Oolite*, soit sur une épaisseur de 160 à 170 m.

BATHONIEN

Couches de Brot. — Les terrains les plus anciens visibles dans les Gorges de l'Areuse appartiennent à cet horizon. Il règne encore une grande confusion dans la nomenclature des étages du Dogger jurassien et, par suite, quelque incertitude dans les essais de parallélisme qu'on a tentés en comparant les affleurements même les mieux étudiés. En ce qui concerne notre territoire, nous sommes parvenus à déterminer sûrement la situation stratigraphique des étages. Voici les faits :

[1] *Mat. carte géol.* VIII, 1er supp. 1893, p. 258.
[2] *Ibid.* VIII, 2me supp. 1898, p. 186.
[3] *Etudes géol. sur le Jura neuchâtelois*, 1859. *Mém. neuch.*

Digitized by Google

Les couches les plus anciennes affleurent sur la route cantonale, à 400 m. à l'E de Brot-dessous. Ces *Couches de Brot* ont depuis longtemps mis à l'épreuve la sagacité des géologues. JACCARD avait pourtant bien reconnu leur situation, immédiatement subordonnée à la Grande Oolite[1]. Quant à M. ROLLIER[2], il s'exprime à leur sujet de cette façon : « Sur la route de Brot à Fretereules, on trouve sur le massif oolitique, ou dans sa partie supérieure, des bancs coralligènes et siliceux pétris de *Rhynchonella obsoleta*, *R. major*, *R. acuticosta*, et surtout d'une *Zeilleria* intermédiaire entre *Z. subbucculenta* Chap. et Dew. et *Z. subrugata* Desl., avec quelques exemplaires de *Pecten Dewalquei*, *Cidaris Courteaudina*, de nombreux polypiers, etc. C'est le Bajocien ou Lédonien de Jaccard. Sa position vers le sommet du Bathonien ne peut être douteuse, si l'on dresse la carte détaillée de la région. C'est l'équivalent du Forest-Marble. — L'erreur de Jaccard a naturellement passé dans la Monographie des polypiers jurassiques de la Suisse, quant au gisement de Brot. »

Plus loin[3], dans une note supplémentaire, M. ROLLIER, ajoute :

« Il est possible que les couches coralligènes à fossiles siliceux de Brot soient du Vésulien supérieur, de même que celles du Chasseron, de Crébillon et de la Baulmine, derrière le Suchet (Vaud). A Brot, on ne voit pas ce qui repose sur ces couches siliceuses, et les bancs oolitiques du sentier des gorges entre le Furcil et le Saut de Brot, qui sont certainement bathoniens, ne répondent point aux Couches de Brot. Nous hésitons pour ces dernières entre le Bathonien supérieur et le Vésulien supérieur. »

L'exploration attentive de la localité nous a démontré que les Couches de Brot sont, comme Jaccard l'a indiqué, *certainement subordonnées à la Grande Oolite*. Cette dernière est visible un peu à l'W, en bancs fortement redressés dont le prolongement passerait sur les Couches de Brot. De plus, dans la forêt, au N de la route, on observe une forte plaque de Grande Oolite, *dont la situation au-dessus de ces couches est évidente*.

L'ensemble de ces terrains fait partie d'une plaque che-

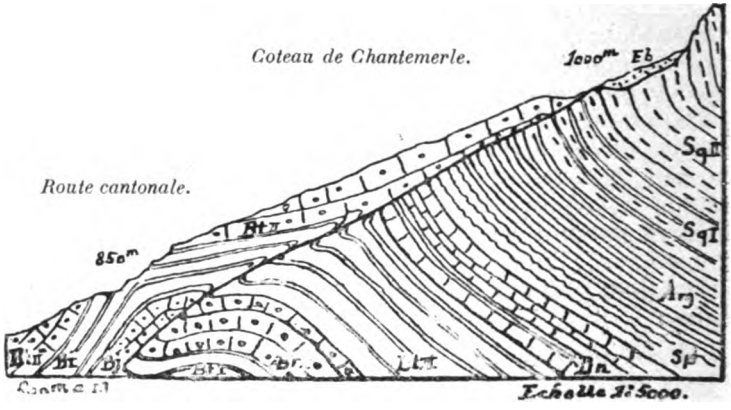
[1] *Mat. carte géol.* VI, 1869, p. 221.
[2] *Ibid.* VIII, 2me supp., 1898, p. 17.
[3] *Ibid.*, p. 191.

Digitized by Google

vauchée par-dessus le jambage NW de l'anticlinal ainsi que le montre le profil (Cl. 21).

Les Couches de Brot n'appartiennent donc en tout cas pas au Bathonien supérieur.

Pour arriver à les classer, nous comparerons notre gisement avec les niveaux établis pour le Jura bernois par Thurmann et J.-B. Greppin, puis avec ceux de la région des Convers, de Montperreux et de la Vue des Alpes dont M. Rollier a donné un profil détaillé accompagné d'un



Cl. 21. — Coupe du pied de Solmont au NE de Brot-dessous.

Légende : Sq II = Séquanien supérieur calcaire. Sq I = Séquanien inférieur marno-calcaire. Arg. = Argovien supérieur. Sp. = Spongitien (Argovien inférieur). Dn. = Dalle nacrée. Bt III = Couches du Furcil et Calcaire roux. Bt II = Grande Oolite. Bt I = Couches de Brot. Bj. = Couches à polypiers, Bajocien supérieur.

tableau de la succession des terrains [1] ; enfin avec ceux de la région de Sainte-Croix. Cet essai de parallélisme est condensé dans le tableau que nous donnons à la fin de ce chapitre (p. 390) et qui s'étend au Dogger tout entier.

Tout récemment a paru le volume de M. Rittener [2] sur les environs de Sainte-Croix. Les gisements très remarquables de la chaîne du Chasseron (Denayriaz, La Merlaz) et du vallon de la Baulmine y sont soumis à une étude détaillée. M. Rittener tend à se rallier à l'opinion de M. Rollier quant à l'extension que donne ce dernier aux limites inférieures du

[1] *Mat. carte géol.* VIII, 2me supp., 1898, p. 13.

[2] *Etude géologique de la Côte aux Fées et des environs de Sainte-Croix et Baulmes. Mat. carte géol.*, N.S. XIII, 1902.

Digitized by Google

Callovien. Il est par contre absolument affirmatif quant à la situation des Couches de Brot *au-dessous* des assises de la Grande Oolite, nom que nous attribuons au massif calcaire subordonné aux Couches du Furcil, bien que ces calcaires soient généralement homogènes, gris ou même blancs et très semblables à ceux du Séquanien. (Ils sont échinodermiques aux environs de Baulmes et Sainte-Croix.) Il est donc intéressant de faire ici cette comparaison. Nous avons à plusieurs reprises exploré la région de Sainte-Croix et de Baulmes, en vue de nous rendre définitivement compte du parallélisme des assises.

Cette comparaison est particulièrement facile, puisqu'au gisement de Crébillon, près de Baulmes, on trouve, à une distance de 30 km. de Brot-dessous, la faune des Couches de Brot, à tel point identique à celle de ce gisement, avec une proportion si semblable des espèces, qu'il n'est pas possible de distinguer les échantillons provenant des deux localités.

En examinant ce qui se passe dans ces différentes régions, nous arrivons tout d'abord à cette conclusion qu'il est nécessaire de faire passer la limite du Bathonien et du Bajocien au milieu de nos Couches de Brot, c'est-à-dire de ranger les plus élevées, que l'on peut désigner sous le nom de *Couches à Brachiopodes* [1] dans le Bathonien inférieur et le *niveau à Polypiers* dans le Bajocien supérieur. Cette manière de voir est d'autant plus plausible que, selon M. Rollier, les couches supérieures (N° 11 du tableau) renferment aux Convers des *Parkinsonia*, et que d'autre part nous avons recueilli nous-mêmes, également près des Convers, dans la couche à polypiers du Crêt Meuron (Carrière de Treymont), qui correspond au niveau à polypiers de Brot, un bon exemplaire de *Stephanoceras Humphriesi*.

Les Couches de Brot-dessous nous paraissent donc correspondre à la marne à *Ostrea acuminata*, y compris l'Oolite subcompacte ou Grande Oolite inférieure de Thurmann. Cette classification est d'autant plus justifiée que les Couches de Brot ne représentent pas une seule assise ; mais, comme à Baulmes, elles comprennent des alternances de marnes-calcaires et de calcaires souvent échinodermiques ou oolitiques,

[1] Ces couches renferment en quantité prodigieuse une *Waldheimia* que M. Rollier appelle une *Zeilleria voisine de Z. subbucculenta* Chap. et Dew. Nous la désignerons sous le nom de *Waldheimia nov. sp.* La véritable *Waldheimia subbucculenta Chap. et Dew.* existe aussi à Brot, mais elle y est rare.

Digitized by Google

gris ou jaunâtres, qui atteignent une assez grande épaisseur. Les polypiers ne se rencontrent qu'à la base.

Il est évident que les polypiers ne peuvent pas être envisagés comme indiquant un niveau stratigraphique précis. Il peut y en avoir dans tous les niveaux, et de plus les mêmes espèces peuvent traverser toute une série d'étages. Mais les polypiers, par leur apparition, indiquent des dénivellations du fond de la mer, embrassant des étendues considérables; aussi leur présence dans une certaine région est-elle ordinairement liée à des couches contemporaines ou du moins d'âges très rapprochés.

La comparaison avec la coupe de la Vue des Alpes aux Convers nous fournit encore un autre jalon, c'est la certitude que le niveau supérieur à polypiers, celui du Crêt-Meuron appartient au Bajocien supérieur. Or la zone à polypiers de la base des Couches de Brot étant, d'après les espèces qu'elle renferme, du même âge que le niveau à polypiers du Crêt-Meuron, elle représente donc aussi le sommet du Bajocien, soit la zone à *Steph. Blagdeni* et à *Steph. Humphriesi.*

Il serait possible toutefois qu'à Brot la zone à polypiers représentât la base du Bathonien, soit l'Oolite subcompacte, il en résulterait un petit déplacement de la limite des deux étages Bathonien et Bajocien. Il faut attendre la découverte d'une Ammonite caractéristique pour trancher la question. La solution que nous admettons ne change pas notablement la base stratigraphique de notre série.

A Baulmes, comme l'a reconnu aussi M. Rittener, les Couches de Brot se trouvent nettement au-dessous de la Grande Oolite et représentent l'équivalent de la marne à *Ostrea Acuminata*, puisque au-dessous, et encore avant le niveau à polypiers de Combettaz, suit un complexe de bancs échinodermiques représentant l'Oolite subcompacte ou Grande Oolite inférieure. M. Rittener qualifie aussi les Couches de Brot de Couches à *Homomyes* ou de Couches à Polypiers ce qui prête à confusion. Nous n'entendons appeler « Couches de Brot » *que des assises qui ont les mêmes faciès et qui renferment une faune identique, ou du moins très similaire à celle de Brot-dessous.*

Le niveau stratigraphique de cette assise correspond à la marne à *Ostrea Acuminata*, soit au Fullers-Erth des Anglais, ou à la Marne de Plagne.

A Brot-dessous les différentes assises ont subi des dislocations et ont joué les unes sur les autres, de telle sorte qu'il

Digitized by Google

est impossible d'en faire un relevé ou une description précise, banc par banc. Elles sont généralement formées d'un calcaire gris, dur, à cassure spathique, esquilleuse, à taches couleur de rouille, presque orangée et à rognons siliceux. Tous les bancs sont fossilifères ; dans la partie moyenne existent de faibles intercalations marneuses, particulièrement riches en individus, surtout en Brachiopodes, dont le test est silicifié.

Cette faune, dont nous avons recueilli d'innombrables échantillons, est encore imparfaitement connue ; beaucoup d'espèces sont nouvelles. Nous l'avons étudiée avec intérêt, mais il faudrait plus de temps que nous n'en avons eu à notre disposition, et surtout rassembler des séries encore plus complètes de bons exemplaires, pour pouvoir en entreprendre la description paléontologique.

Faune des Couches de Brot.

Un seul gisement à l'E de Brot-dessous [1].

A. Niveau inférieur à Polypiers.

(Bajocien supérieur.)

Polypiers.

Confusastrea Cottaldi, d'Orb. c. [2].
Thecosmilia costata, From. c.
» Jaccardi, Koby. c.
» sp. c.
Thamnastrea mettensis, E. H. [3].
Thamnastrea mammosa, E. H. c.
Thamnastrea Terquemi, E. H. cc.
Isastrea explanata, Goldf. c.
» Bernardi, d'Orb. c.
» Marcoui, Koby. c.
» salisensis, Koby. c.
Montlivaultia decipiens, Goldf. c.

En outre, un certain nombre des Brachiopodes de la liste suivante qui, dans les diverses collections, n'ont pas été séparés.

[1] Dans les *Mat. Soc. pal. Suisse* (Monog. des Polypiers de la Suisse, par Koby), on trouve dans l'énumération des localités où se rencontrent les espèces de cette liste le nom de Bras-dessus ; c'est évidemment de Brot-dessous qu'il s'agit.

[2] Toutes les listes de fossiles de cette notice ont été établies à l'aide des quatre collections suivantes : Coll. Jaccard à l'Académie de Neuchâtel ; coll. du Musée de Neuchâtel ; coll. Schardt et coll. Dubois.
rr = très rare ; r = rare ; c = commun ; cc = très commun.

[3] E. H. = Edward et Haine.

Digitized by Google

B. Niveau supérieur.

Couches à Brachiopodes. (Bathonien inférieur.)

Mollusques gastéropodes.

Chemnitzia vittata d'Orb. r.
Nerinea sp. c.
Turritella inornata, T. et J. r.
Pleurotomaria sp. r.
Solarium sp. r.

Mollusques pélécypodes.

Arca sp. r.
Opis rustica, d'Orb. Terq. et J. r.
Lima bellula, Morr. et Lyc. r.
» duplicata, Sow. r.
» semicircularis, Goldf. r.
» helvetica, Opp. r.
Pecten Dewalquei, Opp. cc.
» lens, Sow. cc.
Ctenostreon pectiniformis, Schl. cc.
Perna sp. r.
Gastrochæna fabiformis, T. et J. r.
Trichites sp. c.
Hinnites sp. c.
Alectryonia sp. c.
» costata, Roem. r.
» Marshii, Sow. c.
» cfr. gregarea, Sow. r.

Brachiopodes.

Waldheimia subbucculenta, Chap. et Dew. r.
Waldheimia nov. sp.[1]. cc.
Rhynchonella obsoleta, Sow. cc.
» Morierei, Daw. cc.
Rhynchonella acuticosta, v. Ziet. cc.
» parvula, Desl.[2]. cc.
» concinna, Sow. cc.
» Edwardsi, Chap. et Dew. r.

Echinodermes.

Cidaris Zschokkei, Des. c.
» Courteaudina, Ag. cc.
» Guerangeri, Cott. r.
Pseudodiadema Campichei, de Lor. r.
Pseudodiadema homostigma, Ag. r.
Clypeus Plotii, Klein. r.
Pentacrinus (plusieurs espèces). cc.

Grande Oolite. — Les Couches de Brot passent insensiblement à la Grande Oolite en devenant de moins en moins fossilifères. Celle-ci s'observe non seulement dans le voisinage

[1] Pourrait être la forme juvénile de *W. subbucculenta*.

[2] Au Musée de Neuchâtel, cette espèce est étiquetée *Rh. Triboleti*, Mer., elle est identique à la *Rh. Pallas* jeune, figurée dans Haas (*Rhynchonellen von Elsass-Lothringen*, pl. VII, fig. 5), laquelle appartient apparemment à notre espèce. Tous les échantillons de Brot sont de petite taille et absolument identiques à la figure de Davidson (t. IV, pl. XXVII, fig. 21). C'est certainement la forme adulte de l'espèce. Elle se retrouve identique et également de petite dimension (4-5 mm.) à Crébillon sur Baulmes. La *Rh. obsoleta* se trouve par contre dans ces couches à tous les degrés de développement. Il y en a même de très grands individus (3-4 cm.).

Digitized by Google

immédiat de l'affleurement dont nous venons de nous occuper, mais elle dessine le long de la voie ferrée du Jura-Simplon, en aval du Pont de la Baleine, une vaste courbe due à une coupe au travers d'un bombement local du flanc SE chevauché.

Une galerie creusée sous ce massif pour le captage d'une source a pénétré dans des marnes gris-bleu avec de nombreux débris de polypiers (*Isastrea*) et *Pecten Dewalquei*[1], c'est-à-dire précisément dans le niveau des Couches de Brot. Cette observation confirme encore ce que nous avons dit de la situation de ces Couches.

Ce massif, épais de 25-30 m., est divisé en bancs réguliers de 60 à 80 cm. d'épaisseur, sans aucune intercalation marneuse. La roche, très pauvre en fossiles, est un calcaire blanchâtre ou grisâtre, très dur, à oolites disséminées. Les bancs supérieurs sont d'un gris-foncé, brunâtres à la surface, avec de petites taches jaunes et deviennent de plus en plus fossilifères ; puis ils passent insensiblement au Calcaire roux marneux. Sur la route de Brot, quelques bancs laissent voir à leur surface des exemplaires reconnaissables de l'*Ostrea acuminata*.

Calcaire roux marneux. — Il forme un très bel affleurement sur toute la rive gauche de l'Areuse, du Furcil au Pont de la Baleine ; il en existe de plus, au-dessous de l'entrée des galeries d'exploitation du ciment, un lambeau en situation anormale, butant contre les marnes du Furcil, au lieu de leur être subordonné (voir Tectonique). Ces marnes et marno-calcaires, appliqués sur la Grande Oolite, s'observent sur les deux flancs du bombement coupé par la voie ferrée, entre le Pont de la Baleine et l'usine du Plan de l'Eau. Enfin nous avons encore découvert un troisième lambeau, également appliqué sur la Grande Oolite, à quelques mètres au N de la route, dans le voisinage immédiat de l'affleurement des Couches de Brot, à l'E du village de Brot-dessous. Ces calcaires marneux très fissurés et délités, ont mal résisté à l'érosion, ce qui explique l'état fragmentaire des affleurements. Ils sont formés d'une roche gris-foncé, devenant jaune-brun par oxydation, extrêmement riche en fossiles. Certains bancs sont un véritable conglomérat de grosses *Térébratules* et de *Rhynchonella spinosa*. Le gisement le plus remarquable se trouve au Pont de la Baleine. La faune ne paraît pas différer beaucoup de celle des marnes du Furcil.

[1] ROLLIER. *Mat. carte géol.* VIII, 2me supp., 1898, p. 17.

Digitized by Google

Tandis que le Calcaire roux est un faciès à Brachiopodes et Echinides avec de nombreux Pélécypodes pleuroconques, les Couches du Furcil offrent un faciès à Céphalopodes avec une assez forte immixtion de Brachiopodes, comme on le verra plus loin par la liste commune aux deux niveaux.

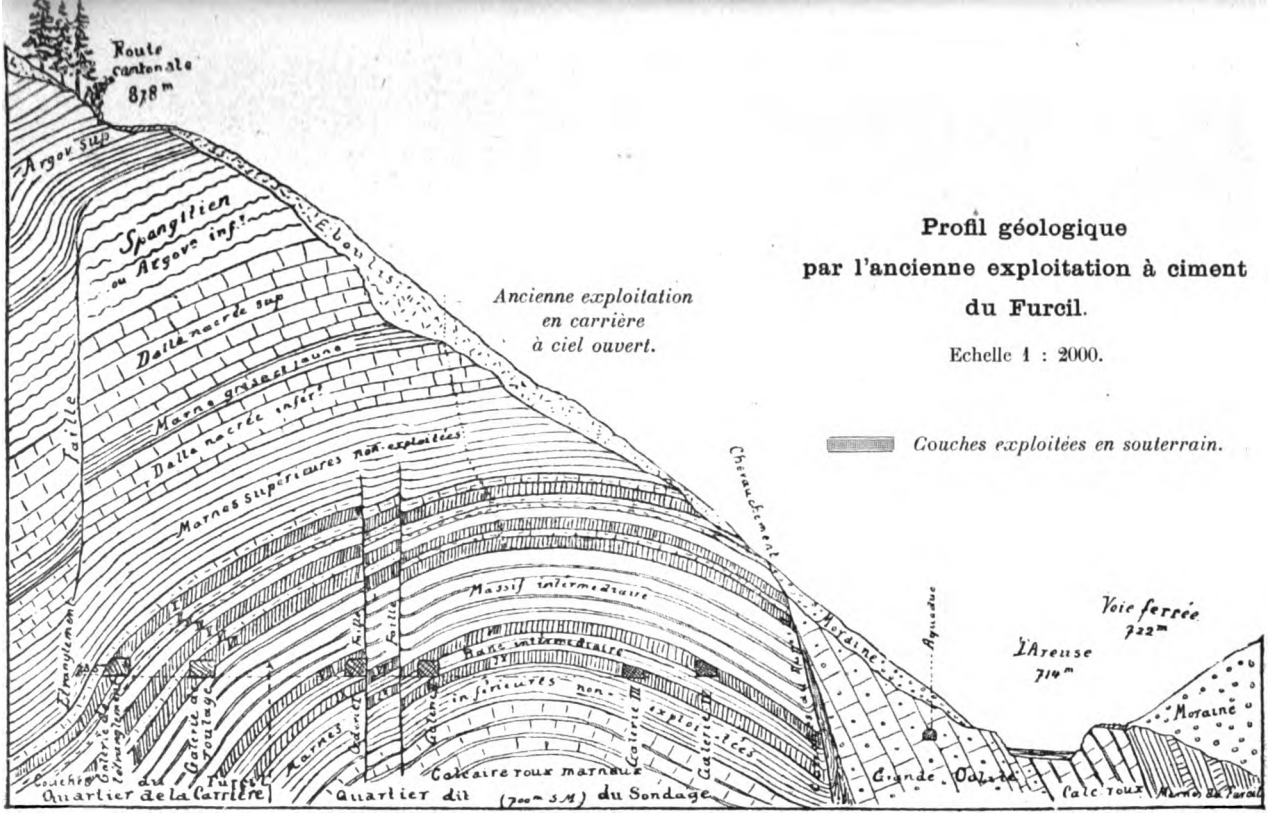
Couches du Furcil. — Nous rangeons sans hésitation cet horizon dans le Bathonien. L'un de nous s'est déjà expliqué à ce sujet [1], nous ne pouvons mieux faire que de résumer son argumentation : Suivant l'exemple de Gressly, Desor, puis Jaccard, on avait toujours vu dans la Dalle nacrée un équivalent du Cornbrasch et de la Grande Oolite des Anglais, c'est-à-dire qu'on la prenait pour du Bathonien supérieur. Les Couches du Furcil et le Calcaire roux devaient alors être considérés comme du Bathonien inférieur (Vésulien) et nos calcaires de la Grande Oolite avec les Couches de Brot comme du Bajocien (Lédonien). Or, il est aujourd'hui hors de doute que la Dalle nacrée appartient au Callovien (zone à *Macrocephalites macrocephalus*) ; il en résulte que les Couches du Furcil sont du *Bathonien supérieur*, précisément l'équivalent du Cornbrasch (Calcaire roux sableux de Thurmann). De ce chef, les Couches de Brot forment la base du Bathonien.

D'autre part, M. Rollier [2] abaisse la limite du Callovien au-dessous des Couches du Furcil. Cette classification prête à confusion, puisque le niveau à *Parkinsonia* (*P. Neuffensis*) est partout considéré comme Bathonien supérieur (Bradfordien sup. = Variansschichten). Que le Calcaire roux sableux du Jura bernois contienne dans sa partie supérieure des *Macrocephalites*, cela prouve simplement que là le faciès marno-calcaire comprend une partie du Callovien inférieur et que la limite des faciès ne correspond pas avec les limites paléontologiques des étages. Cela se rencontre souvent. Par exemple, le fait que dans le Jura méridional, le faciès marneux de l'Argovien s'étend sur presque la moitié de l'épaisseur du Séquanien, ne justifierait pas la réunion de tout l'Argovien à ce dernier étage ou inversément celle du Séquanien à son substratum, ou enfin la fixation de la limite des deux étages au sommet du faciès marneux du Séquanien, soit au milieu du Séquanien.

La limite entre le Bathonien et le Callovien a été de tout

[1] *Eclogæ* VI, 1900, p. 140.
[2] *Mat. carte géol.* VIII, 2me supp., 1898, p. 13 et 39.

Digitized by Google



Cl. 22. — Profil détaillé du coteau du Furcil par les carrières à ciment.

Digitized by Google

temps placée entre la zone à *Am. macrocephalus* et les couches à *Rh. varians* (zone à *Parkinsonia ferruginea*). C'est ce principe qu'il convient de maintenir. Toute autre délimitation des étages prêterait à confusion.

La faune des Couches du Furcil n'a d'ailleurs rien de commun avec celle du Callovien ; c'est, à notre avis, une faune bathonienne des mieux caractérisées.

La structure des marnes du Furcil a été décrite à plusieurs reprises, notamment dans le volume de Jaccard [1]. Ce sont des alternances nombreuses de marnes et de calcaires marneux. Le tableau Pl. 11 donne la série complète des assises de la Dalle nacrée jusqu'à la limite visible des marnes du Furcil, avec les dénominations établies par les carriers exploitant la roche à ciment. La situation tectonique du gisement ressort du profil (Cl. 22) dont nous reparlerons dans la 2me partie.

Au Furcil les fissures qui parcourent ces marnes sont souvent remplies de *bitume visqueux*, dont l'origine est encore énigmatique.

Au NE de la coupe du *Revers du Furcil*, on suit sans interruption cette zone marneuse au-dessus des calcaires de la Grande Oolite ; mais les affleurements sont rares. On a tenté de l'exploiter au SE de Brot-dessous et à Prépunel. Une seconde zone part du Plan de l'Eau et va se souder à la première entre Brot et Fretereules.

La faune reste identique du haut en bas de l'étage ; si les grosses Ammonites sont plus particulièrement abondantes dans les bancs inférieurs, elles ne sont pas absentes des autres. Seules, les couches supérieures (N° 15 de la Pl. 11) sont très pauvres en fossiles.

M. Modeste Clerc, licencié es-sciences, en vue de sa dissertation inaugurale, a entrepris l'étude paléontologique complète de cette faune, ainsi que de celle du Calcaire roux marneux. La liste des espèces que nous donnons ci-dessous a été établie par lui en 1902 [2].

Nous verrons par la suite si l'étude paléontologique de M. Clerc confirmera ou infirmera notre manière de voir, vu qu'elle portera non seulement sur la faune des gisements du Furcil, mais aussi sur celle des gisements de Baulmes et de plusieurs autres du Jura français.

[1] *Mat. carte géol.* VI, 1859, p. 217.

[2] M. M. Clerc, outre les quatre collections énumérées plus haut, a eu à sa disposition les matériaux de sa propre collection, et ceux des Musées de Lausanne et de Genève ; il a donc pu étudier la série la plus complète d'échantillons du Furcil qu'il soit possible de réunir.

Digitized by Google

Faune des Marnes du Furcil (M) et du Calcaire roux marneux (Cr.).

Gisements. — Le Revers du Furcil ; Pont de la Baleine ; Plan de l'Eau.

Arthropodes.

Glyphea sp. — Cr.

Mollusques céphalopodes.

Perisphinctes procerus, Seebach. — Cr.
» balinensis, Neum. — Cr.
» subtilis, Neum. — Cr.
» evolutus, Neum. — M.
Parkinsonia Parkinsoni, Sow. — Cr., M.
Parkinsonia Neuffensis, Oppel. — M.
» Garantii, d'Orb. — Cr.
Oppelia subradiata, Sow. — Cr.
Belemnites giganteus, Schl. — Cr.
» canalicatus-sulcatus (débris). — Cr.

Mollusques gastéropodes.

Pleurotomaria armata, Münst. — Cr.
» obesa, Desl. — M.
Pleurotomaria Cotteaui, d'Orb. — M.
Natica Pelea, d'Orb. — M.

Mollusques pélécypodes.

Pholadomya Murchisoni, Sow. — M.
» bucardium, Ag. — Cr.
» angustata Sow. — M.
Goniomya litterata, Ag. — M.
» scalpium, Ag. — Cr.
Ceromya plicata, Ag. — Cr.
Homomya gibbosa, Ag. — M.
» Vezelayi, Lay. — Cr.
Isocardia tenera, Sow. — Cr.
» bullata, Terq. et Jourd. — Cr., M.
Trigonia pullus, Sow. — M.
Cucullea concinna, Phil. — Cr.
Gresslya abducta, Phil. — Cr.
» ovata, Ag. — Cr.
Pleuromya Jurassi, Brong. — Cr., M.
Arcomya lateralis, Ag. — M.
» clapensis, Terq. et Jourd. — M.
» sinistra, Ag. — Cr.
Thracia oolitica, Terq. et Jourd. — M.
Lucina squammosa, Terq. et Jourd. — M.
Modiola gibbosa, Sow. — Cr., M.
Modiola imbricata, Sow. — Cr.,
» Lonsdalei, Morr. et Lyc. — Cr.
» gigantea, Quenst. — Cr.
Gervillia acuta, Sow. — Cr.
Hinnites abjectus, Phil. — Cr.
Lima bellula, Morr. et Lyc. — Cr.
» semicircularis, Goldf. — Cr.
» gibbosa, Sow. — Cr.
» proboscidea, Sow. — Cr.
» duplicata, Sow. — Cr.
Avicula (Pseudomonotis) echinata, Sow. — Cr.
» Munsteri, Goldf. — Cr.
» subcostata, Roem. — Cr.
Pecten exaratus, Terq. et Jourd. — Cr.
» vagans, Sow. — Cr.
» demissus, Mor. et Lyc. — Cr., M.
» lens, Sow. — Cr.
» ambiguus, Münst. — Cr.
Pinna triangularis, Grepp. — Cr.
» ampla, Sow. — Cr.
Alectryonia Marshii, Sow. — Cr.
» costata, Sow. — Cr.

Digitized by Google

Brachiopodes.

Rhynchonella varians, Zict. — Cr., M.
» obsoleta, Sow. — Cr., M.
» concinna, Sow. — Cr., M.
» quadra, Gust. — Cr., M.
» spathica, Lam. — Cr., M.
» Thurmani, Voltz. — Cr., M.
Acanthothyris spinosa, Schloth. — Cr., M.
» senticosa, de Bude. — Cr., M.
Terebratula perovalis, Sow. — Cr., M.
» Stephani, Dov. (= submaxillata, Desl.) — Cr., M.
» globata, Sow. et var. — Cr., M.
Tereb. globata, var. intermedia, Sow. — Cr., M.
» » var. Eudesi, Opp.
» » var. birdlipensis, Walker.
» sphæroïdalis, Sow. — Cr., M.
» Ferryi, Desl. — Cr., M.
» maxillata, Morris. — Cr.
» Fleischeri, Opp. — Cr., M.
» furcilensis, Haas [1]. — Cr., M.
» circumdata, Desl. — Cr., M.
Waldheimia lagenalis, Schl. — Cr.
» digona, Sow. — Cr.
» carinata, Lam. — Cr.

Echinodermes.

Clypeus Ploti, Klein. — Cr.
» altus, M'Coy. — Cr.
Holectypus depressus, Leske. — Cr.
» hemisphaericus, Ag. — Cr.
Collyrites ringens (Ag.), Desm. — Cr.
Collyrites ovalis (Leske), Cott. — Cr.
Acrosalenia spinosa, Ag. — Cr.
Pseudodiadema depressum, Ag. — Cr.

Les espèces les plus communes dans ces deux assises sont les suivantes :

Parkinsonia Neuffensis, Opp. — M.
Pleuromya jurassi, Brongn. — Cr.
Homomya gibbosa, Ag. — M, Cr.
Ceromya concentrica, Ag. — M.
Pholadomya Murchisoni, Sow. — M, Cr.
Goniomya litterata, Ag. — M.
Modiola gibbosa, Sow. — Cr.
Collyrites ringens, Desm. — Cr.
Holectypus depressus, Leske. — Cr.
Clypeus altus, M'Coy. — Cr.
Rhynchonella varians, Ziet. — Cr., M.
Acanthothyris spinosa, Schloth. — Cr.
Terebratula globata, Sow. — Cr., M.
Terebratula maxillata, Sow. — Cr.

[1] D'après M. Clerc, le *T. furcilensis*, Haas ne serait pas une bonne espèce, étant très voisine à la fois des *T. Lutzi*, *T. intermedia* et *T. Fleischeri*. Elle fait partie, comme celles-ci, du groupe, presque inextricable aujourd'hui, du *T. globata*, Sow.

Digitized by Google

CALLOVIEN

Dalle nacrée.

L'étage Callovien n'est représenté sur notre territoire que par la *Dalle nacrée*. Celle-ci dont l'épaisseur atteint 45 m. présente la coupe totale de ses assises dans la belle paroi artificielle de la Roche taillée[1], qui domine les exploitations du Furcil. Cette coupe abrupte est d'ailleurs difficilement accessible, mais les affleurements de Dalle nacrée sont si nombreux qu'il est facile d'en examiner la roche.

Au Furcil, on reconnaît trois divisions qui sont, de bas en haut (voir Pl. 11 et Cl. 22):

1. La *Dalle nacrée inférieure*, c'est-à-dire des calcaires échinodermiques bien lités, en bancs minces, de couleur grise, à cassure très spathique et jaunissant à la surface. (Epaisseur: 12 mètres.)

2. Une *marne grise*, feuilletée. (Epaisseur: 6 mètres.)

3. La *Dalle nacrée supérieure*, identique à celle du N° 1. (Epaisseur: 25 mètres.)

Sur le flanc S du ravin des Gorges de l'Areuse, la Dalle nacrée n'apparaît qu'en deux pointements, l'un dans le voisinage du Pré de Treymont, dans une situation très disloquée, l'autre dans le Creux du Van. La voûte du Solmont (flanc N de la vallée), étant plus élargie et entamée plus profondément par l'érosion, laisse affleurer la Dalle nacrée en deux bandes parallèles partant de l'Areuse: celle du S, à 150 mètres en amont du tunnel de Brot, — celle du N, en amont du Furcil. Ces deux zones d'affleurement se soudent à l'W de Fretereules et à partir de là forment une vaste couverture qui s'étend jusqu'à l'E de Prépunel. Toutefois, à Prépunel même, la nappe de Dalle nacrée, peu épaisse en général, est percée d'une boutonnière elliptique, dont le grand axe mesure 600 mètres, et qui laisse apparaître les Couches du Furcil, visibles sur quelques points. Elles ont en outre été atteintes par quelques sondages exécutés, il y a une trentaine d'années, en vue d'un projet d'exploitation que diverses circonstances firent abandonner.

La Dalle nacrée est loin d'être dépourvue de fossiles, mais ceux-ci sont le plus souvent d'une conservation si défectueuse

[1] Voir *Les Gorges de l'Areuse et le Creux du Van*, par Aug. Dubois, 1902, p. 25, et *Bull. neuch.* XXX, 1901. Mélanges géologiques, pl. III et IV.

Digitized by Google

que leur détermination est impossible. On reconnaît des *Pecten*, des *Ostrea*, des *Trigonia*, des radioles et des plaques coronales de *Cidaris*, et surtout d'innombrables articles du *Pentacrinus Nicoleti* (Des.) de Lor. et du *Pentacrinus Brotentis*, de Lor., puis à profusion des Bryozoaires d'une admirable conservation sur les plaques délitées par l'érosion. L'affleurement situé sur la voie ferrée, entre le tunnel de Brot et l'usine du Plan de l'Eau, nous a fourni un exemplaire en très bon état de *Zeilleria Kobyi*, Haas et une Bélemnite également entière. Bien qu'elle soit de petite taille, elle ne peut guère être séparée du *B. latesulcatus*, d'Orb.

Résumé sur le parallélisme des niveaux du Dogger.

Comme on l'a vu, la question du parallélisme des assises du Dogger présente encore bien des points douteux. Nous l'avons examinée ici pour autant que le sujet traité exigeait que nous fixassions le niveau probable des couches à Brachiopodes et des calcaires à polypiers de Brot, dont le substratum n'est pas visible [1]. Il ne saurait entrer dans le cadre de cette étude de géologie locale de discuter à fond cette question, qui, cependant, présente un grand intérêt et mériterait d'être approfondie par une étude comprenant tout le Jura neuchâtelois et vaudois, étude qui ne manquera pas d'amener au jour des faits nouveaux et décisifs.

Dans le tableau qui suit, nous sommes partis de la série stratigraphique reconnue par Thurmann, puis vérifiée et complétée par J.-B. Greppin pour le Jura bernois. C'est dans cette série classique et incontestable que nous devons rechercher les jalons permettant de fixer nos niveaux du Jura neuchâtelois.

De tous les niveaux stratigraphiques de notre Jura, le plus constant et le plus tranché est sans contredit la Dalle nacrée, qui a été considérée bien à tort, pendant longtemps, comme appartenant au Bathonien (Cornbrash et Grande Oolite). Or, elle est certainement l'équivalent du *Callovien inférieur*, soit de la zone à *Amm. macrocephalus*. De ce chef, les marnes du Furcil sont l'équivalent du Calcaire roux sableux et du niveau à *Ter. intermedia*, et le Calcaire roux marneux du Furcil, le correspondant du calcaire marneux à *Rh. varians*.

[1] Dans un croquis, fig. 1, p. 10, M. Rittener (loc. cit.) indique le *Calcaire à entroques* comme formant la base des couches à polypiers de Brot. Toutefois, cette superposition, si elle est réelle, n'est nulle part visible dans la région.

Digitized by Google

Digitized by Google

Parallélisme des étages et niveaux du Dogger

Jura bernois d'après Thurmann, J.-B. Greppin, etc.	**Gorges de l'Areuse** d'après Schardt et Dubois	**Mont Perr** d'après
Marnes à fossiles pyriteux.	Lacune.	Lac
Oolite ferrugineuse à *Reineckea anceps*. Dalle nacrée et zone à *Steph. macrocephalus*.	Dalle nacrée supérieure. . . 25m Marne grise . . . . . 6m Dalle nacrée inférieure . . . 12m	(7) Dalle nacré (Calcaire (Les chiffres entre ( ) rotation de M. Rol
Calcaire roux sableux et calcaire marneux à *Rhynchonella varians*.	Marnes du Furcil avec *Park. Neuffensis*. Calcaire roux marneux à *Acanthothyris spinosa*.	(8) Marnes du (Calcaire
Grande oolite (supérieure) avec oolite miliaire et marne à *Homomyes* intercalée.	Calcaire compact gris-blanchâtre, localement oolitique.	(9) Calcaire blé Pierre blanc (10) Oolite milia tre.
Marne à *Ostrea acuminata*. Oolite subcompacte (grande oolite inférieure) avec *Park. Parkinsoni*.	Marnes à *Waldheimia*, en alternance avec des calcaires ± spathiques ou oolitiques, etc.	(11) Marnes jau caires gri siformes, *Ostr. acu* *Murchis* *lata, Rh*
Marno-calcaires à *Steph. Blagdeni* et *Humphriesi*.	Calcaires marneux avec Polypiers et Brachiopodes.	(12) Calcaire à grisâtre. *leti, Isas*
Calcaires marneux oolitiques à *Son. Sowerbyi* et *Sphaer. Sauzei*.	Invisibles dans la région des Gorges de l'Areuse.	(13) Calcaires oo blanchâ Marne.
Oolites ferrugineuses ± marneuses, à *Harp. Murchisonae*.		(14) Calcaire à
Calcaires et argiles micacés et marnes argileuses micacées à sphérites avec *Harp. opalinum*.		(15) Calcaire à (16) Calcaires s en bancs (17) Marnes à
Calcaires et marnes à *Lyt. jurense*.		(18) Marnes mi nites et *Lyt.*

Digitized by Google

ix-Convers Rollier.	Environs de Baulmes.	Etages.		
ne?	Marne noire ± ferrugineuse à *Bélemnites*.	Divésien (Malm. inf.)		
hinodermique.) respondent à la numé-.)	Calcaire noduleux à *Reineckea Greppini*, Oppel. Dalle nacrée. (Calcaire échinodermique.)	***Callovien.***		Dogger ou Jurassique moyen.
ircil. ux sableux.)	Marnes du Furcil avec calcaire sableux à *Gastéropodes*. Marne à *Rhynch. varians*.	Marnes du Furcil.	***Bathonien.***	
c coralligène. e. re gris-blanchâ-	Calcaire échinodermique ou oolitique. Calcaire oolitique miliaire jaune ou gris-bleuâtre.	Grande oolite supérieure.		
s et marno-calolitiques ou gré- *Parkinsonia inata, Pholad. i, Ter. maxil- bsoleta.*	Marnes à *Waldheimia subbucculenta*, en alternance avec des calcaires spathiques. Calcaires échinodermiques en alternance avec des marnes.	Marne de Plasne. Grande oolite inf.		
lypiers sableux *entacr. Nicorea.*	Marnes grises à rognons. Marne à Polypiers et Brachiopodes de Combettaz.	***Bajocien.***		
tiques, massifs, , subspathiques.	Calcaire gris-noir.			
lypiers siliceux. troques. leux gris-noirs inces. *rp. opalinum.*	Invisible aux environs de Baulmes.			
acées à Belem- *urense.*		Toarcien (Lias sup.)		

Digitized by Google

d'après

Mar

Oolite
anc
Dalle
cro

Calca
ma
ri

Gra
oo
m

Ma

Ool
i
l

Ma

Ca

O

C

Digitized by Google

ɔ calcaire compact sous-jacent doit nécessairement repré-
er la Grande Oolite. Il reste maintenant à se demander
s Couches de Brot sont l'équivalent de la marne à *Ostrea*
ninata, ou de la marne à *Homomyes*. Dans la coupe des
vers à la Vue des Alpes, on observe la série complète des
es du Malm au Lias supérieur. Cependant le faciès des
ches de Brot, avec sa faune caractéristique, manque dans
ɔ coupe. Mais comme le montre le tableau ci-contre, elle
ferme un niveau analogue. Nous introduisons aussi dans
ableau la série des environs de Baulmes. On verra ainsi
ı Montperreux (Vue des Alpes-Convers) les Couches de
t sont précédées de deux niveaux à polypiers et qu'à
ılmes la même situation est fort probable. Les assises vi-
es à Brot correspondent donc très probablement à deux
ɔaux distincts, séparés même ailleurs par une assise cal-
·e; nous attribuons le calcaire à polypiers de la base au
ocien et les marnes et calcaires superposés (Couches à Bra-
ɔpodes) au Bathonien.

L'étage Vésulien, créé par Mayer Eymar en 1879, nous pa-
: également superflu, au moins avec l'extension que lui a
ınée son auteur. En effet, puisqu'il comprend tout le Ba-
ɔnien dès le sommet du Bajocien jusqu'à la Grande Oolite
omprise, il n'est en somme que l'équivalent du Bathonien
érieur tel que nous l'entendons.

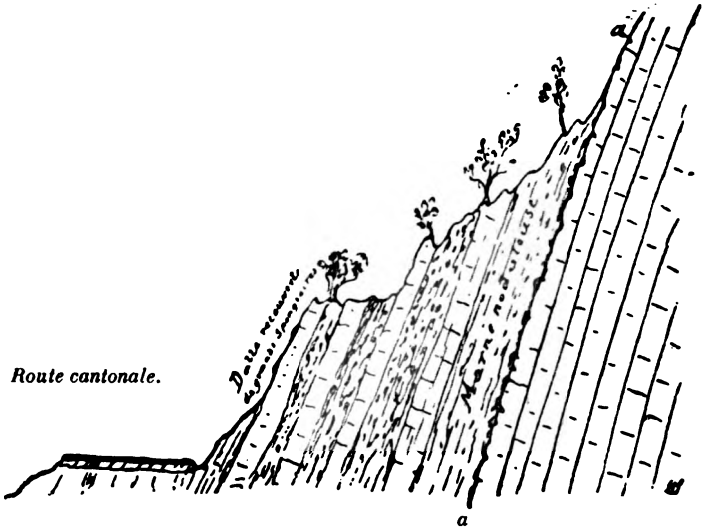
B. MALM OU JURASSIQUE SUPÉRIEUR

Dans les Gorges de l'Areuse, le niveau le plus inférieur du
ılm, soit le *Spongitien*, repose directement sur la Dalle
crée. Le fait a déjà été signalé et mérite qu'on s'y arrête,
r il est unique dans le canton de Neuchâtel; il ne s'observe
mais non plus dans le Jura bernois et dans le Jura fran-
is, tandis qu'il paraît devenir la règle dans le Jura méridio-
ıl. Les couches qui viennent le plus souvent s'intercaler
ıtre la Dalle nacrée et le Spongitien appartiennent, les unes
ı Dogger, les autres au Malm. Parmi les premières, nous
ɔuvons citer les oolites ferrugineuses calloviennes des Cro-
ɛttes, de Pouillerel et de Saint-Sulpice, qui renferment *Car-*
ioceras Lamberti. (*Couches de Clucy*, Marcou.) Les secondes
pparaissent sous divers aspects. Rappelons : 1° l'Oxfordien
fossiles pyriteux (Divésien), à *Creniceras Renggeri* et *Car-*
ioceras cordatum, qui atteint jusqu'à 60 mètres d'épaisseur
n Franche-Comté et qui n'a été signalé que sur un seul

Digitized by Google

point du canton de Neuchâtel, le long de la route des Sonneurs, au N de la Chaux-de-Fonds [1]; 2° aux Crosettes, les faibles couches à lits marneux noirs ou ochreux à oolites ferrugineuses avec *Card. cordatum* et *Bel. hastatus*; 3° à Saint-Sulpice, un complexe à *Card. cordatum* et à *Zoophycos scoparius* [2].

Dans les Gorges de l'Areuse, malgré l'assertion de Jaccard qui écrit: « A Brot-dessous, le Callovien n'est représenté



Cl. 23. — Contact du Spongitien et de la Dalle nacrée près de Fretereules.

que par des vestiges d'une marne calcaire intercalée entre le calcaire à Scyphies et la Dalle nacrée, et qui renferme *Amm. Lamberti* et *Belemnites hastatus* [3], » il nous a été impossible de constater la présence d'une intercalation quelconque entre le Spongitien et la Dalle nacrée, et nous n'avons pas trouvé trace de l'*Amm. Lamberti*. Pourtant le contact des deux niveaux ci-dessus est très nettement visible, en deux localités: sur la route de Brot, à trois cents mètres à l'W de Fretereules, et au Furcil, où des travaux récents ont mis au jour ce contact sur une longueur assez considérable. Partout le

[1] *Eclogæ*, VI, 1900, p. 343. (*L'Oxfordien dans le canton de Neuchâtel*, par L. Rollier et M. de Tribolet.)
[2] *Eclogæ*, VI, 1900, pl. 3, fig. 5.
[3] *Mat. carte géol.*, VI, 1869, p. 212.

Digitized by Google

faciès spongitien avec ses fossiles habituels touche directement et par contact sédimentaire à la Dalle nacrée. L'hypothèse d'une oblitération du Divésien ou de tout autre niveau par écrasement ou par faille doit être absolument exclue. Il y a conséquemment *lacune stratigraphique de la totalité de l'Etage divésien.* — A Fretereules, en particulier, on constate que la surface de la Dalle nacrée offre, au contact avec la marne grumeleuse du Spongitien, des traces très nettes de corrosion, ainsi que des concrétions ferrugineuses. Cependant, il n'y a aucune discordance visible (voir Cl. 23).

ARGOVIEN

a) Argovien inférieur.

(Spongitien, Couches de Birmensdorf, Calcaire à Scyphies.)

Cet étage, avec le faciès et la faune si remarquablement constante qu'il possède dans tout le Jura, présente dans les Gorges de l'Areuse plusieurs affleurements, comptant au nombre des plus développés et des plus intéressants du Jura neuchâtelois. Sur la rive droite, il s'observe au Creux du Van et surtout dans les Lanvœnnes, immenses ravines qui ont éventré le flanc N de la montagne de Boudry. Ici le Spongitien, grâce à ses calcaires plus résistants, forme une voûte saillante, tout au haut de la plus étendue des ravines, et présente ses couches inclinées de plus de 50 degrés vers la rivière. Sur la rive gauche, le Spongitien affleure en deux bandes continues souvent masquées par la végétation. Celle du N s'élargit pour former un vaste placage sur lequel est bâti le hameau de Fretereules. Les stations fossilifères les plus intéressantes sont celles de la Clusette, au-dessus du Furcil, de Fretereules et des Lanvœnnes. Nous y avons recueilli la faune presque complète de ce terrain; cependant, chose curieuse, quelques espèces recueillies par Jaccard à Fretereules, comme *Ismenia trigonellaris*, Schloth., *Cidaris laeviuscula*, n'ont pas été retrouvées par nous, malgré d'actives recherches. Cela nous fait supposer que certaines localités fossilifères, autrefois accessibles, sont aujourd'hui masquées.

L'épaisseur du Spongitien est d'environ 30 mètres.

Le faciès de cette formation se présente dans notre région avec son caractère habituel. Ce sont des alternances de calcaires gris clair et de marnes, également grises, noduleuses ou schisteuses. Les fossiles sont relativement rares. Les Ammonites sont toujours mieux conservées d'un côté que de

Digitized by Google

l'autre. Certains bancs sont couverts de grands spongiaires en forme de coupe évasée.

Faune de l'Argovien inférieur.

(Spongitien.)

GISEMENTS : Fretereules, Clusette, Lanvoennes [1].

Mollusques céphalopodes.

Perisphinctes plicatilis (Sow.), d'Orb. cc.
» lucingensis, E. Favre. r.
» crotalinus, Siem. r.
» birmensdorfensis, Mösch. r.
» cfr. Depereti de Riaz [2]. r.
Cardioceras alternans, de Buch. r.
Harpoceras (Ochetoceras) canaliculatum, de Buch. c.
» arolicum, Opp. c.
Ochetoceras nimbatum, Opp. r.
Creniceras crenatum, Brong. r.
Belemnites cfr. hastatus, Bl. r.

Mollusques gastéropodes.

Turbo princeps, Roem. r.
Pleurotomaria cfr. bijuga, Quenst. r.

Mollusques pélécypodes.

Pleuromya cfr. Arolica, Mösch. r.
Anomia unguis, Mér. r.
Arca aemula, Phil. r.
Lima Escheri, Mösch. r.
Hinnites tenuistriatus, Münst. r.
Ctenostreon Marcousana, Opp. c.

Brachiopodes.

Terebratula Rollieri, Haas. c.
» Stockari, Mösch. r.
» birmensdorfensis, Escher r.
Magellania orbis, Quent. r.
Terebratella loricata, Schl. r.
Rhynchonella Arolica Opp. r.
Ismenia pectunculus, Opp. r.
» trigonellaris, Schl. r.

Echinodermes.

Cidaris læviuscula, Ag. r.
Cyclocrinus areolatus, Mösch., r.
Balanocrinus subteres, Goldf. r.
Eugeniacrinus caryophyllatus, Goldf. r.

[1] Toutes les espèces se rencontrent dans les trois stations; la plus riche est celle des Lanvoennes.

[2] Ces Perisphinctes ont été déterminés à l'aide de la description des *Fossiles de Trept* de de Riaz. Ceux du Musée de Neuchâtel et de la collection Jaccard l'ont été par M. Rollier. Nous relevons encore dans ces deux collections, parmi les espèces trouvées à Fretereules :

Perisphinctes Kreutzi, Siemiradzki.
» *orientalis*, »
» *Mindove*, »
» *Dybowski*, »
» *Damesi*, »
» *Vajdelota*, »

Nous n'avons pas eu à notre disposition l'ouvrage de Siemiradzki, mais en comparant à ces dernières espèces, celles que nous avons déterminées nous-mêmes, nous avons eu l'impression que la plupart des types créés par Siemiradzki ne sont que des variétés du *P. plicatilis*.

Digitized by Google

Spongiaires.

Scyphia sp. cc.
Goniospongia striata, Goldf. cc.
Cupulospongia pezizoïdes, d'Orb. cc.
Cupulospongia patella, Goldf. cc.
Hippolimus cylindricus, Goldf. cc.
Cribrospongia obliqua, Goldf. cc.

Vers.

Serpula gordialis, Goldf. cc.
» nodulosa, Goldf. cc.
Serpula planorbiformis, Goldf. cc.
» subnodulosa, Et. cc.

b) **Argovien supérieur.**

(Pholadomyen, Couches d'Effingen, Zone des calcaires hydrauliques.)

Ces couches se présentent avec leur faciès habituel. Elles comprennent de haut en bas une alternance très régulière de lits de calcaires marneux et de marnes schisteuses, le tout d'un gris-cendré uniforme avec assez souvent, sur les bancs compacts, un très mince placage de calcite. Généralement les feuillets calcaires et les intercalations marneuses présentent la même épaisseur. Celle-ci est de 12 à 15 cm. dans les Lanvoennes, de 15 à 20 cm. au Creux du Van. Dans cette dernière localité on remarque, à la base, des lits de 50 cm. d'épaisseur.

Au-dessus de Fretereules on observe, dans la partie supérieure de l'étage, un banc plus calcaire, d'un à deux mètres, dur, spathique qui, à la cassure, montre des débris échinodermiques d'un blanc-jaunâtre.

Tandis qu'au Creux du Van l'Argovien supérieur présente son maximum d'épaisseur (170 m.), il apparaît à la Clusette, c'est-à-dire sur le flanc opposé de la vallée, avec une réduction anormale si marquée, que son épaisseur n'est plus que de deux ou trois mètres. Les couches ont subi ici une laminations ou un refoulement d'une intensité exceptionnelle. Cet accident est tout à fait local, car plus à l'E, les couches paraissent reprendre assez rapidement une épaisseur plus voisine de la normale, qu'il n'est du reste pas possible de bien apprécier nulle part, les éboulis ou la végétation masquant la plus grande partie de l'affleurement.

L'Argovien supérieur fut exploité dans la seconde moitié du siècle dernier, pour la fabrication de la chaux hydraulique, à Trémont, au Creux du Van (où l'on voit encore des vestiges d'installation) et à Rosières, dans la carrière située au N de la route des Ponts.

Digitized by Google

Partout, l'étage est très pauvre en fossiles. Nous avons réussi à recueillir au Creux du Van les espèces suivantes :

Faune de l'Argovien supérieur.

(Pholadomyen.)

GISEMENTS : Creux du Van, Lanvoennes [1].

Mollusques pélécypodes.

Cardium intextum, Münst., r.
Pholadomya pelagica, Ag. r.
» hemicardia, Roem. r.
» concentrica, Roem. r.
Pleuromya cfr. varians, Ag. r.
Goniomya sulcata, Ag. r.
Ctenostreon sp. r.
Mytilus solenoïdeus, d'Orb.
» subæquiplicatus, Goldf. r.
Hinnites velatus, Goldf. r.
Perna sp. r.
Ostrea caprina, Mer. r.

SÉQUANIEN [2]

On est à l'heure qu'il est au clair sur les relations qui existent entre les faciès des étages inférieurs et moyens du Malm du Jura. M. Rollier a mis beaucoup de persévérance à débrouiller cette question complexe. Il a développé ses vues dans diverses publications [3], et les a résumées dans son *Coup d'œil sur les formes et les relations orographiques que déterminent les faciès du Malm dans le Jura* [4], auquel nous renvoyons le lecteur. Rappelons toutefois que dans la bordure orientale du Jura, l'Argovien marno-calcaire, tel que nous l'avons décrit plus haut, s'est entièrement substitué au Rauracien coralligène, et qu'au-dessus de ses bancs apparaissent directement les couches du Séquanien inférieur, c'est-à-dire le niveau à *Hemicidaris crenularis*. La preuve en est fournie par la réduction de l'Oxfordien vers l'E et le passage du Glypticien au Spongitien (C. de Birmensdorf). Ces faits aujourd'hui généralement acceptés, grâce aux travaux si lucides de M. ROLLIER, ont été déjà pressentis par M. CHOFFAT [5] et par J.-B. GREPPIN [6]. Dans la région que

[1] Toutes les espèces de cette liste ont été trouvées au Creux du Van; quelques-unes également aux Lanvoennes.

[2] *Astartien* de Thurmann.

[3] *Les faciès du Malm dans le Jura. Eclogæ* I, 1888, et *Archives Genève* XIX, 1888. *Défense des faciès du Malm. Eclogæ* IV, 1895.

[4] *Bull. neuch.* XXIV, 1896, p. 67.

[5] Esquisse du Callovien et de l'Oxfordien. *Mém. Soc. Emul. Doubs* III, 1878.

[6] Cité dans ED. GREPPIN, Ueber den Parallelismus Malenschichten. *Verh. Naturf. Gesellsch. Basel* XII, 1900.

Digitized by Google

nous décrivons, à cheval sur les deux plissements les plus orientaux de la chaîne, voici ce qu'on observe. Sur tout le territoire de la première chaîne (Montagne de Boudry-Creux du Van), là où le contact du Séquanien avec l'Argovien est visible, ce qui est tout à fait exceptionnel, on constate l'absence de polypiers dans le Séquanien. Dans les affleurements plus fréquents de la seconde chaîne (Solmont-Tourne), on trouve à la base du Séquanien de superbes récifs de coraux. Les plus remarquables gisent au bord de la grand'route, entre Brot et la Clusette, dans un massif rocheux qui n'est d'ailleurs pas en place, mais qui a glissé de l'affleurement situé à une faible distance au-dessus ; les polypiers se retrouvent également dans la carrière de Rosières, sur la route des Ponts. Ces coraux semblent occuper le niveau à *Hemicidaris crenularis*, ou lui sont immédiatement subordonnés. Nous sommes donc portés à admettre que ces couches coralligènes constituent les derniers vestiges du faciès rauracien. Cette situation est analogue à celle d'une série de récifs coralligènes qui apparaissent au milieu des marnes séquaniennes à *Apiocrinus Meriani* et *Rhynchonella pinguis*, sous Belle-roche près Baulmes, en amont de la ligne de Sainte-Croix avant d'arriver aux Rapilles.

Desor et Gressly ont cité les deux premières stations que nous venons de nommer dans leur description de l'Etage corallien[1].

a) Séquanien inférieur.

Il comprend les niveaux marneux de la base de l'étage. A la Clusette, où il est particulièrement accessible à l'étude, il est formé de trois couches marneuses grises de trois à cinq mètres d'épaisseur, très fossilifères, séparées par des bancs calcaires jaunâtres, compacts ou oolitiques. La couche inférieure, marneuse, présente un faciès presque identique à celui de l'Argovien supérieur et fait ainsi transition entre les deux étages. L'épaisseur du Séquanien inférieur est d'environ 40 mètres[2].

La station de la Clusette nous a fourni la plus grande partie des fossiles de la liste suivante, qui appartiennent donc au *Séquanien inférieur*. La faune est la même dans les trois couches marneuses ; les Gastéropodes sont toutefois plus rares

[1] *Etude géol. sur le Jura neuch.*, p. 74.

[2] Voir H. Schardt. Mélanges géologiques, fasc. II, pl. III. *Bull. neuch.*, XXX, 1900-1901.

Digitized by Google

dans la couche supérieure, qui est la plus épaisse (5 m.), que dans les deux autres, qui ont 3 et 2 m. d'épaisseur.

La carrière de Rosières (route des Ponts) nous a fourni quelques Brachiopodes et Echinides.

Un bel affleurement de marne du Séquanien inférieur se voit encore à l'entrée E du tunnel de Brot. Les fossiles, qui sont abondants (surtout *Waldh. humeralis*), sont les mêmes que ceux de la Clusette. C'est probablement la couche marneuse supérieure qui est visible ici.

Faune du Séquanien inférieur.

GISEMENTS : Clusette, Rosières, tunnel de Brot.

Mollusques gastéropodes.

Nerinea Gosae, Roem. r.
Pleurotomaria tuberculosa, Roem. r.
Natica hemisphaerica, Roem. c.
» turbiniformis, Roem. c.
» semiglobosa, Et. c.

Mollusqués gélécypodes.

Pholadomya paucicosta, Roem. c.
» depressa, Ag. c.
Pleuromya tellina, Ag. r.
Trigonia suprajurensis, Ag. r.
» clavellata, Sow. r.
Lima Greppini, Et. c.
Pecten astartinus Thurm. c. c.
P. Tombecki, de Lor. c. c.
Lucina substriata, Th. r.
Cyprina tenuirostris, Et. r.
» globula, Contj. r.
Arca texta, d'Orb. r.
Ostrea cotyledon, Contj. c.

Brachiopodes.

Terebratula Bauhini, Et. c. c.
» Bourgueti, Et. c. c.
» Gesneri, Et. r.
» subsella, Sow. c. c.
Terebratula Zieteni, de Lor. c.
Waldheimia humeralis, Roem. c. c.
Rhynchonella corallina, Leym. c. c. (= Rh. pinguis Roem.)

Echinodermes.

Cidaris florigemma Phil. c. c.
Hemicidaris stramonium, Ag. r.
Acrocidaris nobilis, Ag. r.
Pseudodiadema hemisphaericum, Ag. r.
Apiocrinus Meriani, Des. r.

b) Séquanien supérieur.

Il apparaît sous l'aspect de bancs exclusivement calcaires, bien lités, compacts ou oolitiques, de couleur grise ou jaunâtre, souvent rosée, et fréquemment maculés à la base de grosses taches bleues. Cet étage s'observe presque partout au pied des escarpements qui circonscrivent de toute part la dépression des Gorges de l'Areuse.

Digitized by Google

Jaccard avait déjà signalé[1], sur la route des Ponts, au-dessous des Rochers des Miroirs (non loin de Combe-Varin), « un calcaire blanc, crayeux, formant une assise puissante que les agents atmosphériques réduisent en menus morceaux ; » puis, il ajoutait qu'après avoir été longtemps dans l'incertitude sur la véritable situation stratigraphique de cette couche, la découverte des *Cidaris philastarte*, *Ostrea gryphoides* (?) et *Rhabdophylla flabellum*, lui avaient démontré qu'il fallait rattacher ce niveau au Séquanien supérieur. Cet étage mesure environ 80 mètres d'épaisseur.

A part quelques débris, extraits précisément de la couche ci-dessus, le Séquanien supérieur est tellement pauvre en fossiles dans notre territoire, que nous n'en avons retiré qu'un seul individu, une Ammonite de grande taille, détachée par un coup de mine dans la carrière momentanément exploitée à quelques pas en amont de l'usine des Molliats. Cet exemplaire un peu fruste nous paraît avoir les caractères du *Perisphinctes Achilles* d'Orb.

Les calcaires oolitiques partiellement spathiques, tachés de bleu, interrompus par quelques feuillets marneux, visibles dans la carrière en aval de l'usine hydro-électrique de Combe Garot, renferment quelques restes de Térébratules (probablement *T. subsella*, Sow.) et des *Ostrea*.

KIMERIDGIEN[2]

Le passage du Séquanien au Kimeridgien n'est nulle part bien net. La ressemblance des faciès et la pénurie de fossiles rendent toujours douteuse la fixation de la limite des étages. Les gros bancs, mesurant de 2 à 10 mètres d'épaisseur, qu'on observe dans les escarpements, sont indubitablement kimeridgiens ; le Séquanien ne forme jamais dans notre région d'assises aussi massives.

L'étage est essentiellement calcaire ; les lits marneux sont rares et de plus réduits à quelques centimètres d'épaisseur ; ils sont aussi dépourvus de fossiles et même plus stériles que les bancs rocheux.

Les calcaires kimeridgiens sont généralement gris clair, mais leur teinte varie du blanc au jaune ; ils sont compacts, quelquefois oolitiques. Dans le massif s'intercalent, sans grande fixité, des zones à bancs plus minces et à délitement cubique.

[1] *Mat. carte géol.*, Liv. VI, p. 196.

[2] *Ptérocerien* de Thurmann. Nous adoptons, d'après la proposition de M. de Lapparent, l'orthographe Kimeridgien, au lieu de Kimmeridgien.

Digitized by Google

La plus grande masse des assises kimeridgiennes se fait remarquer par l'épaisseur des bancs de calcaire compact homogène ou finement oolitique, entrecoupés d'une fissuration transversale, très régulière, qui fait croire parfois à une disposition verticale des couches, tant les joints normaux des assises ressortent peu. La surface de ces calcaires est ordinairement d'un blanc mat, qui contraste avec la couleur plutôt grise des couches séquaniennes.

Les fossiles sont rares et très irrégulièrement répartis; sur de grandes surfaces on n'en observe aucun, tandis que çà et là on rencontre, dans le calcaire compact, de véritables nids de Brachiopodes et de Pélécypodes.

Ce que nous disons de la rareté des fossiles comporte cependant une réserve; nous voulons parler du fameux banc à Nérinées, remarquable par cette abondance prodigieuse d'individus qu'on a signalée dans la plus grande partie de la première chaîne du Jura. Le niveau à Nérinées, qui se maintient à une vingtaine de mètres du sommet de l'étage, pour autant qu'on peut déterminer la situation de cette limite, est surtout visible sur la route forestière de la montagne de Boudry, vers 900 mètres d'altitude, et à la Chaille (plateau du Creux du Van).

Le Kimeridgien occupe une notable portion de la surface de notre carte; il couronne, en effet, toutes les hauteurs: la Montagne de Boudry, le Creux du Van, le Solmont et la Tourne. Ses bancs d'un parallélisme rigide forment, avec le Séquanien pour soubassement, tous les grands escarpements, entre autres les parois si majestueuses du Creux du Van et les gradins non moins pittoresques de la Clusette. L'épaisseur du Kimeridgien est d'environ 180 mètres.

Faune du Kimeridgien.

Pas de gisements fossilifères proprement dits; les espèces suivantes ont été récoltées çà et là :

Mollusques gastéropodes.

Natica Elea, d'Orb. r.
Nerinea turritella, Voltz. r.
Trochalia depressa, Voltz. c.

Mollusques péléocypodes.

Ceromya excentrica, Voltz. c.
Corbis sp. r.
Diceras sp. (Moule interne indéterminable.)
Pecten Buchi, Roem. r.
Mytilus jurensis, Mar. c.
Trichites Saussurei, Thurm. c. c.
Alectryonia solitaria, Sow. c. c.

Brachiopodes.

Terebratula subsella, Sow. c. c.

Digitized by Google

PORTLANDIEN

Ce que nous disions plus haut de l'incertitude qui règne sur la position à assigner à la limite séparant le Séquanien du Kimeridgien, s'applique tout aussi bien à celle qu'on voudrait établir entre le Kimeridgien et le Portlandien. C'est là d'ailleurs un fait d'observation générale dans le Jura. Les étages supérieurs du Malm, à l'exception du Purbeckien, se sont déposés dans des conditions d'uniformité telles que la distinction des niveaux n'a pu être établie que par la comparaison des faunes avec celles des stations classiques d'Angleterre.

Nous distinguons dans notre région les deux horizons suivants :

1° A la base, des *calcaires blanchâtres, souvent crayeux, finement stratifiés,* qui se délitent en plaquettes de 1 à 10 cm. d'épaisseur, et dans lesquels s'intercalent quelques feuillets marneux. On peut considérer ces couches tendres d'aspect dolomitique comme formant la limite inférieure du Portlandien. Le banc à Nérinées du Kimeridgien se montre toujours à quelques mètres au-dessous. Au-dessus viennent des bancs plus épais de calcaire très clair, bien lités, à taches jaunes ou rosées. Ces caractères sont assez constants. L'épaisseur de ces assises peut atteindre de 60 à 70 m.

2° La *Dolomite saccharoïde*, calcaire magnésien à grain et à cassure des plus caractéristiques, et d'une uniformité d'aspect remarquable, sur une grande portion du Jura.

La Dolomite saccharoïde dont l'épaisseur atteint 30 m., se raccorde le plus souvent aux couches sous-jacentes par quelques lits de calcaires plaquetés, avec zones marneuses de faible épaisseur. Il existe au beau milieu de ce niveau un banc de 1 à 2 m. d'épaisseur de calcaire compact, très blanc, plus dur que la Dolomite saccharoïde, extrêmement ressemblant au Marbre bâtard du Valangien inférieur. Quelquefois aussi le Calcaire saccharoïde prend un grain grossier et une couleur jaune, ce qui le fait ressembler à s'y méprendre aux calcaires spathiques du Valangien supérieur ou de certains bancs jaunes du Valangien inférieur. Il est bon de signaler ces variations, parce que dans les localités où la succession complète des assises n'est pas visible, il peut en résulter des confusions.

Il y a également, à la base des calcaires plaquetés, séparant les calcaires saccharoïdes du calcaire à taches jaunes,

Digitized by Google

un lit peu épais de brèche calcaire à débris anguleux gris ou noirs, que l'on confondrait facilement avec certaines brèches du Purbeckien.

On voit sur la carte que le Portlandien s'étale sur de vastes surfaces. Il forme une voûte surbaissée au S de Rochefort. Ailleurs, c'est-à-dire sur les anticlinaux élevés, il a disparu par érosion, et n'apparaît plus qu'à l'état de flanquement sur les bas côtés des voussures. Les localités les plus favorables à l'étude de ce groupe sont Roc-Coupé, au pied de l'Arêteau, où les dalles dolomitiques verticales, et même légèrement renversées, donnent au paysage un caractère d'étrangeté qui de tout temps a fixé l'attention des géologues. D'autres coupes intéressantes s'observent sur la grand'route, entre La Luche et Rochefort; sur la voie ferrée, aux Puries et en amont de la Combe aux Epines; sur le chemin de Trémont au Plan des Cerisiers; enfin sur les Roches blanches au-dessus de Noiraigue.

L'étage Portlandien est le seul de tout notre territoire qui ne nous ait fourni aucun fossile déterminable! Le niveau à *Nerinea trinodosa*, Voltz, si riche dans la chaîne de Pouillerel, n'a jamais été constaté ici.

PURBECKIEN

(Dubisien, Desor.)

JACCARD[1] considérait les Dolomites portlandiennes comme constituant le Purbeckien inférieur. MAILLARD[2] a démontré la nécessité de les rattacher au Portlandien et de reporter plus haut la limite inférieure du Purbeckien, qui n'est d'ailleurs qu'un faciès saumâtre et d'eau douce du Portlandien. Ce qu'on peut voir dans les Gorges de l'Areuse, pourtant favorisées sous le rapport du nombre des affleurements purbeckiens, n'ajoute rien aux faits relatés dans le mémoire de MAILLARD ainsi que dans celui de MM. DE LORIOL et JACCARD[3]. Ces deux publications résument toutes nos connaissances sur cet étage et nous dispensent d'entrer ici dans plus de détails.

Deux des stations de notre territoire étaient connues de MAILLARD, celle de la tranchée du chemin de fer du Jura-Neuchâtelois, à La Sauge, et celle de la route de Rosières aux Ponts, au-dessous de Combe-Varin. Au sujet de

[1] *Mat. carte géol.* VI, 1869, p. 178.
[2] Invertébrés du Purbeckien du Jura (*Mém. Soc. pal.* 1884, p. 138).
[3] *Etude stratigraphique et paléontologique de la formation d'eau douce infracrétacée du Jura*, 1865.

Digitized by Google

cette dernière, MAILLARD s'exprime ainsi : « Ce gisement est assez intéressant et point stérile. Les marnes nymphéennes de 5 m. de puissance supportent des brèches calcaires à Corbules, surmontées elles-mêmes de marnes grumeleuses. Cette coupe ne présente point de marnes à gypse. »

Les stations de notre territoire que nous avons reconnues et étudiées sont les suivantes :

1° La Sauge (Chambrelien), dans la tranchée du chemin de fer ;

2° Tête W du tunnel de la Luche; l'affleurement est aujourd'hui caché par le revêtement du tunnel, mais nous avons revu le Purbeckien bien caractérisé, et répandant au choc une odeur bitumineuse, dans une fosse creusée pour la pose d'un poteau télégraphique, au bord de la route, à quelques mètres de la tête du tunnel ;

3° Sur le sentier des Gorges de l'Areuse, à 80 m. en aval du Pont de Vert, sur la rive gauche de l'Areuse ;

4° Sur la rive droite de l'Areuse, vis-à-vis de la localité précédente ;

5° En deux points différents, immédiatement en amont du Pont de Vert sur la rive gauche ;

6° Sur le chemin de la Vieille Montagne (versant S de la Montagne de Boudry) ;

7° Sur le trajet de la conduite métallique amenant l'eau de la source de la Verrière à l'usine de Combe-Garot, rive gauche ; dans cette région une galerie a traversé toute l'épaisseur du Purbeckien ; les matériaux extraits sont encore en partie visibles ;

8° Sur la route de Rosières aux Ponts, au-dessous de Combe-Varin (gisement décrit par Maillard) ;

9° Au S de la ferme de Jogne, où des fouilles pratiquées pour le captage d'une petite source ont ramené à la surface des marnes purbeckiennes.

Dans les stations 1 et 7 surtout, on observe ce faciès singulier que JACCARD décrit comme suit[1] : « A Chambrelien prédomine un faciès particulier, une sorte de marne noire bitumineuse, très dure, chargée de gypse impur et d'autres matières minérales telles que les sulfates de baryum et de strontium. »

A propos du Purbeckien de la Luche, DESOR et GRESSLY[2] s'expriment ainsi : « Les marnes dubisiennes se font ici remarquer par leur couleur sombre, d'un bleu très foncé,

[1] *Mat. carte géol.* VI, 1869, p. 178.
[2] *Etudes géol. sur le Jura neuchâtelois*, 1859, p. 115.

Digitized by Google

tirant sur le noir, ce qui est dû à la présence de substances charbonneuses et manganésiques; on y remarque de plus des traces de dolomies gypseuses et siliceuses. On ne peut qu'être frappé de l'extrême bigarrure de ces bancs et de leur structure brèchiforme. »

Faune du Purbeckien.

GISEMENTS :
(Voir la liste ci-dessus [1].)

Planorbis Loryi, Coquand. — 1,8.
Physa Bristovi, Forbes. — 8.
» wealdiensis, Coquand. — 1.
Diplommoptychia conulus, Maillard. — 8.
Neritina wealdiensis, Roem. — 8.
Corbula Forbesi, de Lor. — 3,8.
Miodon rugosum, Sow. — 6.
Anisocardia sp. — 8.

Epaisseur des étages du Malm.

De ce qui précède on peut conclure que les Gorges de l'Areuse sont une région des plus favorables à l'étude du Malm jurassien. Tous les étages de cette formation présentent sur le territoire pourtant restreint de notre carte des affleurements remarquablement développés et accessibles.

Les évaluations que nous avons pu faire nous permettent de fixer à 620 m., environ, l'épaisseur moyenne du Malm dans cette région du Jura. Cette épaisseur peut varier, sans doute, et dans des limites peut-être plus étendues qu'on ne l'admet communément, par suite surtout des effets de lamination ou de tuméfaction que les plissements, lorsqu'ils atteignent une certaine intensité, impriment aux strates, et dont sont surtout affectées les couches marneuses ou marno-calcaires.

Les 620 m. d'épaisseur que nous admettons se décomposent comme suit :

Purbeckien		25	mètres.
Portlandien	sup.	30	»
	inf.	65	»
Kimeridgien		180	»
Séquanien	sup.	90	»
	inf.	30	»
Argovien	sup.	170	»
	inf.	30	»
	Total,	620	mètres.

[1] Ces espèces ont été recueillies par Maillard ; nous n'avons encore trouvé nous-mêmes que *Corbula Forbesi* et *Miodon rugosum*. Les chiffres placés après les noms se rapportent à la numérotation des gisements.

Digitized by Google

Comparons cette épaisseur aux chiffres obtenus sur d'autres points du Jura.

Voici quelques évaluations :

Auteurs.	Localités.	Epaisseur du Malm.
Schardt.	Reculet	950 mètres.
Schardt et Dubois.	Gorges de l'Areuse .	620 »
Rollier.	Rondchâtel	550 »
»	Montoz	500 »
Schmidt.	Blauen	500 »
Rollier.	Selzach	400 »
Mühlberg.	Oberbuchsiten . . .	350 »
»	Kellenköpfli	275 [1] »

On voit que le chiffre que nous avons obtenu s'harmonise bien avec ces données qui montrent une réduction constante et assez régulière du Malm du Jura, à mesure qu'on s'avance du S vers le NE.

TERRAINS CRÉTACIQUES

Les Gorges de l'Areuse n'offrent des terrains crétaciques que la division inférieure, le Néocomien en succession complète, et des vestiges peu apparents du Crétacique moyen, soit de l'étage Albien seulement.

A. CRÉTACIQUE INFÉRIEUR OU NÉOCOMIEN

VALANGIEN

L'Etage valangien se divise, comme dans tout le Jura suisse, en deux sous-étages qui diffèrent essentiellement par leurs faciès. Ce sont le *Valangien inférieur* ou *Marbre bâtard* et le *Valangien supérieur* ou *Calcaire roux*. Malgré la fréquence des affleurements de ces deux formations, les coupes suivies et complètes sont rares.

Valangien inférieur.

C'est ordinairement un massif de calcaires gris-clair, jaunâtres ou presque blancs, atteignant une épaisseur de 50 à 60 m. Dans le haut la teinte jaune prédomine, de même que vers le bas ; au milieu, par contre, ce sont des couches grises ou absolument blanches, homogènes. Cette dernière

[1] Ces chiffres, d'après M. Rollier : *Mat. carte géol.* VIII, 2me supp., 1898, p. 185.

Digitized by Google

variété se voit surtout bien dans une carrière ouverte sur le chemin des Métairies de Boudry à Combe-Garot. Le Valangien inférieur est reconnaissable à sa stratification toujours très nette, en lits de 0m30 à 1 m. d'épaisseur au maximum. Par la netteté des délits, il se distingue fort bien de l'Urgonien supérieur, malgré la grande ressemblance pétrographique. Les intercalations marneuses de quelque épaisseur font défaut dans notre région, et de ce chef aussi les couches fossilifères. C'est ainsi que nous n'avons pas rencontré, au milieu de l'étage, de niveau tel que la marne de Vigneule, si riche en fossiles. Par-ci par-là seulement, les bancs calcaires sont interrompus par de minces zones marno-calcaires, grumeleuses. Sur le sentier du Champ du Moulin à Chambrelien, il existe cependant à la base du Marbre bâtard qui mesure 50 m. environ, une couche de marne calcaire blanche de 2 m. d'épaisseur, séparée du Portlandien par 10 m. de calcaire jaunâtre ; elle est sans fossiles.

Les meilleurs coupes et affleurements du Valangien inférieur sont visibles aux points suivants :

1° Entre les Clées et le Pont de Vert. Ce trajet offre surtout un excellent coup d'œil sur la configuration topographique des canyons creusés dans le Valangien inférieur. Au-dessus du Pont de Vert, on voit une coupe assez complète le long du sentier de la conduite d'eau de Neuchâtel.

2° Aux environs de la gare de Chambrelien, notamment dans les grandes carrières en amont de la gare et dans les tranchées du chemin de fer, au-dessous de la Sauge et à la Luche.

3° Dans la tranchée du chemin de fer de Pontarlier, au-dessous de la Combe de Vert. Quelques fossiles sur les délits marneux et dans les calcaires grumeleux. Le Marbre bâtard est visible sur environ 17 m. d'épaisseur, avec cinq faibles intercalations marneuses [1].

4° Dans la carrière ouverte sur la route des Ponts au S de Combe-Varin. Ici les bancs de Marbre bâtard sont interrompus par une mince couche de calcaire grumeleux, riche en Gastéropodes, accompagnés de quelques bivalves, notamment d'innombrables moules de *Chama gracilicornis*. Plus bas M. Baumberger a constaté encore une zone avec fossiles (*Nerinées et Ter. valdensis*) ; puis, juste au-dessus du Purbeckien, une autre couche avec *Phyllobrissus Duboisi* et *Toxaster granosus*.

[1] Voir plus loin, p. 408, Valangien supérieur, les détails de cette coupe.

Digitized by Google

Faune du Valangien inférieur[1].

GISEMENTS : Environs de la gare de Chambrelien = Chb. — Tranchée du chemin de fer sous Vert = Vt. — Carrière près de Combe-Varin = Va.

Mollusques gastéropodes.

Nerinea Favrina, P. et C. — Vt. Va.
» Etalloni, P. et C. — Vt. Va.
» lobata, P. et C. — Va.
» Blancheti, P. et C. — Va.
» funifera, P. et C. — Va.
Pterocera Jaccardi, P. et C. — Chb. Va.
Pterocera Desori, P. et C. — Chb.
Natica Pidanceti, P. et. C. — Vt.
» valdensis, P. et C. — Va.
» Sautieri, Coq. — Va.
» praelonga, d'Orb. — Va.
Turritella sp. — Va.
Cerithium sp. — Va.

Mollusques pélécypodes.

Pholadomya elongata, Münst. — Vt.
Lithodomus sp. — Va.
Astarte sp. — Va.
Cardium Gilleroni, P. et C. — Va.
» peregrinum, Leym. — Va.
Cardium spec. — Va. Chb.
Corbis sp. nov. — Va.
Lucina cf. vermicularis, P. et C. — Va.
» sp.
Cyprina sp. — Vt.
Chama gracilicornis, P. et C. — Va.
» sp. — Va, Ch.
Monopleura sp. — Va.

Brachiopodes.

Terebratula valdensis, de Lor. — Chb, Vt.
Waldheimia pseudojurensis, de Lor. — Va.

Echinides.

Phyllobrissus Duboisi, Des. — Va.
Phyllobrissus Renaudi, Ag. — Va.
Toxaster granosus, Des. — Va.

Polypiers.

Pleurosmilia aff. Barothei, From. — Va.

A part la *Chama gracilicornis* de Combe-Varin, les fossiles sont partout assez rares dans le Valangien inférieur.

Valangien supérieur.

Ce sous-étage n'atteint dans notre région qu'une épaisseur de 12-15 m. et ne joue de ce chef qu'un rôle orographique fort effacé. Il disparaît le plus souvent sous les éboulis qui recouvrent la base du talus hauterivien. Il se compose de deux niveaux bien distincts :

a) Une *zone marno-calcaire inférieure*, occupant le niveau de la *Marne d'Arzier*, mais ne contenant nullement la faune remarquable de celle-ci : 2-4 m.

[1] Cette liste comprend les espèces trouvées par M. Baumberger, ainsi que nos propres trouvailles.

Digitized by Google

b) Le *Calcaire roux plus ou moins limoniteux* : env. 10-12 m.

Une coupe presque complète du Valangien supérieur est visible dans la tranchée du chemin de fer, au-dessous de la Combe de Vert à l'E des Buges. Comme c'est elle qui nous renseigne le mieux sur la composition du Valangien supérieur de la région, nous relevons ici la série complète des couches qu'elle comprend et que l'on peut suivre de l'E à l'W, avec un plongement de 15-18°.

		Mètres.
Calcaire roux limoniteux.	12. Calcaire roux limoniteux en bancs peu épais, séparés par des délits marneux, visible sur	2,00
	11. Marne jaune avec Bryozoaires	0,20
	10. Calcaire oolitique blanchâtre	1,00
	9. Calcaire oolitique jaune-clair, souvent spathique en bancs fissurés	2,40
	8. Délit marneux jaune	0,02
	7. Calcaire jaunâtre oolitique et spathique	0,15
		Mètres.
Niveau d'Arzier. (3m90.)	6. Marne oolitique, grenue, jaunâtre	0,45
	5. Deux bancs de calcaire jaune-roux oolitique	0,60
	4. Marne jaune avec nodules calcaires. *Térébratules* Calcaire jaune	0,50 0,35
	3. Marno-calcaire grenu, oolitique, jaune, avec zones grises dans le milieu. Nombreuses *Térébratules*	0,70
	2. Calcaire marneux assez dur, rempli de *Térébratules*	0,70
	1. Marne jaune tendre	0,60
		Mètres.
Valangien inférieur. (Marbre bâtard.)	Calcaire jaunâtre oolitique ou compact	3,25
	Délit marneux	0,15
	Calcaire fissuré jaune et gris	0,70
	Calcaire compact gris-jaune en deux bancs	2,10
	Marne noduleuse grise	0,20
	Calcaire gris compact	1,00
	Délit marneux gris	0,08
	Calcaire jaunâtre	1,10
	Délit marneux jaune	0,05
	Calcaire gris, compact, bien lité, se redressant subitement en se repliant plusieurs fois, fortement fissuré et parcouru de plans de glissement, visible sur	7-8

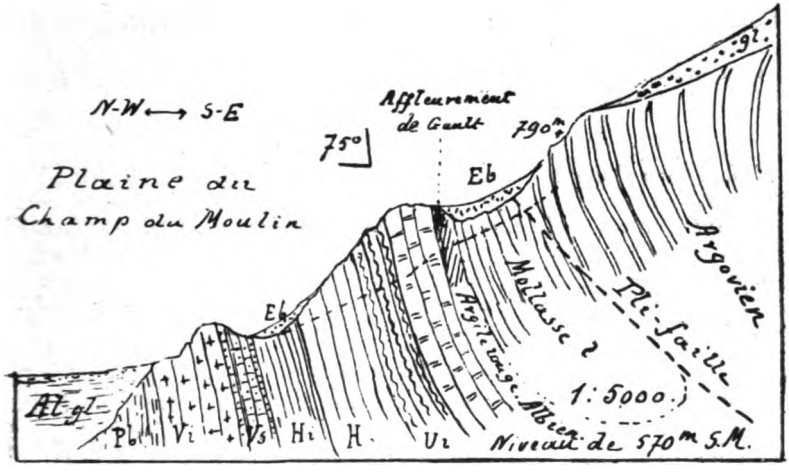
Digitized by Google

a) *Marne d'Arzier.* — La zone marno-calcaire, jaune ou gris foncé, occupant le niveau de la Marne d'Arzier, se distingue par la profusion des Térébratules qui se rencontrent surtout dans les couches 2, 3 et 4. Les autres espèces sont rares :

Nous l'avons reconnue aux points suivants :

1° Tranchée du chemin de fer sous Vert ; coupe décrite ci-dessus, avec d'innombrables Térébratules : 3m90.

2° Combe aux Epines ; même composition, mais moins épaisse : 2m-2m50.



Cl. 24. — Coupe du Néocomien en amont du Champ du Moulin par la forêt de Bôle (rive droite de l'Areuse).

U. Urgonien. H. Hauterivien. V. Valangien. Pb. Purbeckien.

3° En amont du Champ du Moulin, sur la rive droite de l'Areuse, au-dessous du gisement d'Albien (voir Cl. 24) ; Gastéropodes en assez grande quantité.

Voici la liste des espèces que nous avons recueillies dans le niveau d'Arzier. (Nous devons l'indication de quelques-unes d'entre elles à M. Baumberger).

Faune de la zone d'Arzier.

(Marnes inférieures du Valangien supérieur.)

Gisements : Sous la Combe de Vert, tranchée du chemin de fer = V. — Combe aux Epines = E. — Champ du Moulin = Chm.

Digitized by Google

Vertébrés.

Pycnodus cylindricus, Pict. — V.

Crustacés.

Gebia sp., une pince. — Chm.

Mollusques gastéropodes.

Nerinea Favrina, P. et C. — V, r.
» Blancheti, P. et C. — Chm, r.
Aporrhaïs valangiensis, P. et C. — Chm, r.
Columbellina brevis, P. et C. — Chm, r.
Pseudomelania Jaccardi, P. et C. — Chm, c.
Pseudomelania Gresslyi, P. et C. — Chm, c.
Tylostoma naticoïde, P. et C. — Chm, cc.
» cf. depressum, P. et C. — Chm, r.
Natica Sautieri, Coq. — Chm, c.

Mollusques pélécypodes.

Pholadomya elongata, Münst. — V, r. Chm, c.
Cyprina Marcoui, de Lor. — Chm, r.
Astarte sp. — V, rr.
Trichites Picteti, Camp. — V, r.
Janira atava, d'Orb. — V, r.
Janira valangiensis, d'Orb. — Chm, r. V, r.
Ostrea Germaini, Coq. — V, r.
» tuberculifera, Koch et Dunk. — Chm, r.
Trigonia Sanctae Crucis, P. et C. — V, rr.

Brachiopodes.

Terebratula valdensis, de Lor. — V, cc. Chm, cc. E, cc.
» latifrons, Pict. — V, r. Chm, c.
Terebratula russilliensis, de Lor. — V, c. Chm, cc. E, c.
Waldheimia villersensis, de Lor. — V, rr.
» Collinaria, d'Orb. — V, r.
Rhynchonella valangiensis, de Lor. — V, rr.

Echinides.

Pygurus rostratus, Ag. — V, rr.
Toxaster granosus, d'Orb. — V, rr.

Spongiaires.

Discaelia porosa, From. — V, r.
Elasmostoma neocomiensis, d'Orb. — V, r.

b) Calcaire roux et Calcaire limoniteux. — Dans notre région, comme dans le reste du Jura neuchâtelois et vaudois, la limonite n'est pas cantonnée dans un niveau spécial du Valangien supérieur. On la rencontre dans tous les niveaux de ce sous-étage irrégulièrement disséminée dans le Calcaire roux. Tandis qu'au N de Saint-Blaise, la limonite fait apparition déjà à la base du Valangien supérieur, au contact

Digitized by Google

même du Marbre bâtard, le niveau marneux d'Arzier faisant défaut (sauf au Landeron), dans la région des Gorges de l'Areuse, elle n'apparaît que vers le milieu de ce sous-étage et se rencontre surtout dans la partie supérieure.

Une galerie pour la conduite d'eau motrice de l'usine des Clées, sur Boudry, a traversé tout le Valangien supérieur et la base du Hauterivien inférieur. La coupe n'est plus visible aujourd'hui. Dans les déblais répandus en amont du Pré des Clées, nous avons recueilli de nombreuses espèces fossiles, mélangées à celles du niveau inférieur de la Marne de Hauterive, dont elles sont cependant faciles à distinguer.

Un autre affleurement existe un peu en amont de l'Usine des Clées au bord du sentier des Gorges. On y voit nettement le Calcaire roux et le calcaire limoniteux surmontés des Marnes de Hauterive.

La galerie de l'eau motrice de Combe-Garot a de même traversé le calcaire limoniteux, en amont du Champ du Moulin, ce dont les déblais font preuve. Ce terrain affleure d'ailleurs ici sur une faible épaisseur (voir Cl. 24, p. 409).

A la Combe aux Epines, les calcaires roux et limoniteux du Valangien supérieur sont aussi à découvert. Nous donnons ci-dessous la liste des fossiles trouvés dans ces divers gisements, soit par nous, soit par M. Baumberger :

Faune du Calcaire roux et du Calcaire limoniteux.

Gisements : Les Clées = Cl. — Combe aux Epines = E. — Champ du Moulin = Chm.

Vertébrés.

Strophodus sp., dents. — E.

Mollusques céphalopodes.

Cosmoceras verrucosum, d'Orb. — E, rr.

Mollusques gastéropodes.

Tylostoma Laharpei, P. et C. — E, rr.
» naticoïde, P. et C. — Cl, r.
Aporrhaïs Jaccardi, P. et C. — Cl, rr.
Natica praelonga, Dsh. — Cl, r.
» valdensis, P. et C. — Cl, c.
» Etalloni, P. et C. — Cl, c.
Pseudomelania Jaccardi, P. et C. — Cl, c.
Pleurotomaria aubersonensis, P. et C. — Cl, rr.
» villersensis, P. et C. — Cl, c.
Turbo villersensis, P. et C. — Cl, r.
Trochus Pertyi, P. et C. — Cl, rr,

Digitized by Google

Mollusques pélécypodes.

Panopæa Dupini, d'Orb. — Cl, r.
Pholadomya elongata, Munst. — Cl, c. E, c.
Cardium Jaccardi, P. et C. — Cl, c.
» petilum, de Lor. — Cl, c.
Trigonia Sanctae Crucis, P. et C. — Cl, c.
» ornata, Ag. — Cl, rr.
» scapha, Ag. — Cl, r.
» caudata, Ag. — Cl, r.
Isocardia valangiensis, P. et C. — Cl, r.
Sphaera corrugata, Sow.— Cl, r.
Cyprina aubersonensis, P. et C. — Cl, r.
Venus obesa, d'Orb. — Cl, r.
» helvetica, P. et C. — Cl, r.
Arca villersensis, P. et C.— Cl, r. E, rr.
Astarte valangiensis, P. et C. — Cl, rr.
» transversa, Leym. — Cl, rr.
» helvetica, d'Orb. — Cl, r.
» elongata, d'Orb. — Cl, r.
Lima dubisiensis, P. et C. — Cl, cc. E, c.
» arzierensis, d'Orb. — Cl, r.
» longa, Roem. — Cl, c.
» villersensis, P. et C. — Cl, rr.
» Royeri, d'Orb. — Cl, r.
Pecten arzierensis, de Lor. — Cl, c.
» Cottaldi, d'Orb. — Cl, r.
» Archiaci, d'Orb. — Cl, c.
» Robinaldi, d'Orb. — Cl, r.
Janira atava, Roem. — Cl, cc. E, r.
» valangiensis, P. et C. — Cl, c.
Mytilus salevensis, de Lor. — Cl, c.
» Couloni, Marcou. — Cl, c.
Lithodomus obesus, P. et C.— Cl, r.
Alectryonia tuberculifera, Coq. Cl. r.
Monopleura valdensis, P. et C. — Cl, rr.

Brachiopodes.

Terebratula valdensis, de Lor. — — Cl, cc. E, c.
» Campichei, P. et C. — Cl, rr.
» Carteroni, d'Orb. — Cl, cc. E, c.
» praelonga, Sow. — Cl, c.
» latifrons, Pict. — Cl, c.
» Sueuri, Pict. — Cl, c.
» russillensis, Desor. — Cl, cc.
» Germaini, Pict. — Cl, c.
Waldheimia Collinaria, d'Orb. — Cl, cc. E, r.
» Moreana, d'Orb. — Cl, r.
» pseudojurensis, d'Orb. — Cl, r.
Waldheimia aubersonensis, P. et C. — Cl, cc.
» villersensis, de Lor. — Cl, cc. E, c.
» tamarindus, d'Orb. Cl, r.
Eudesia cruciana, P. et C. — Cl, cc.
Terebratella neocomiensis, d'Orb. — Cl, c.
Terebrirostra (Lyra) neocomiensis, d'Orb. — Cl, c.
Rhynchonella valangiensis, de Lor. — Cl, c.
» Desori, de Lor, — Cl, r.
» lata, d'Orb. — Cl, rr.

Echinides.

Cidaris pretiosa, Des. — Cl, rr.
Pygurus rostratus, Ag.— Cl, rr.
Phyllobrissus Gresslyi, Ag.—Cl, r.
Toxaster granosus, d'Orb. — Cl, cc.
Collyrites Jaccardi, Des. — Chm, c.

Digitized by Google

Astérides.

Antedon Campichei, de Lor. — Cl, rr.

Polypiers.

Pleurosmilia villersensis, Koby. — Cl, cc.

Bryozoaires.

Berenicea polystoma, d'Orb. c.
Reptomultisparsa tenella, de Lor. c.

HAUTERIVIEN

Il ne présente aucune différence de faciès avec le Hauterivien de la zone marginale du Jura des environs de Neuchâtel. On y distingue, comme là, nettement deux divisions, l'une inférieure, argileuse : la Marne de Hauterive, l'autre calcaire : la Pierre jaune de Neuchâtel.

Hauterivien inférieur.

Les Marnes hauteriviennes ne sont à découvert que sur un petit nombre de points. Aux Clées, en aval du gisement de Valangien supérieur, près de l'usine hydro-électrique; à la Combe aux Epines, sur la voie ferrée; sur la rive droite de l'Areuse en amont de Combe Garot et à l'extrémité NW de la colline de Cuchemanteau, où l'érosion de la rivière maintient l'affleurement constamment à découvert.

Les galeries et tranchées pour l'adduction d'eau potable et d'eau motrice ont, par contre, traversé ces couches à plusieurs reprises, notamment au-dessus des Clées, près des Lanvoennes, ainsi qu'en amont et en aval du Champ du Moulin, ce dont témoignent les déblais sortis par les fenêtres d'accès. Ces localités se prêtent à la récolte des fossiles.

A la base du Hauterivien marneux se trouve, comme à Neuchâtel et à Villers-le-Lac, la marne jaune, dite à *Am.* (*Astieria*) *Astieri*, Auct., niveau que les géologues français réunissent au Valangien. Nous continuons à le classer dans l'Etage hauterivien, dont il renferme les mollusques gastéropodes, pélécypodes et brachiopodes, bien que certains Céphalopodes tendent à le rapprocher du Valangien supérieur.

a) *Marne à Astieria.* Cette marne, qui n'a que quelques centimètres d'épaisseur, repose directement sur le Calcaire limoniteux. Son faciès marneux, homogène, jaune, autant que

Digitized by Google

sa faune, tranchent nettement avec la limonite sous-jacente. On en peut voir un affleurement à la Combe aux Epines, où G. DE TRIBOLET a recueilli l'*Olcostephanus* (*Astieria*) *multiplicatus*, Neum. et Uhl. La galerie d'adduction de l'eau motrice de l'usine des Clées, déjà mentionnée à propos du Valangien supérieur, a également traversé cette marne très obliquement. Ces matériaux gisent sur les déblais mélangés à des débris de calcaire limoniteux. Les travaux de la route à l'entrée du village de Chambrelien ont jadis mis à découvert cette même couche. Le musée de Neuchâtel possède plusieurs beaux échantillons de l'*Olcost. multiplicatus*, provenant de cette localité et recueillis par Gressly. Enfin, cette couche est encore traversée par un aqueduc, au-dessus du Champ du Moulin.

Le niveau à *Astieria* se distingue des marnes grises qui lui sont superposées par sa faune abondante où prédominent l'*Alectryonia rectangularis*, l'*Exogyra Couloni* de grande dimension, la *Terebratula sella*, avec de longs faisceaux de *Galeolaria neocomiensis*. L'*Olc. multiplicatus* ne se trouve que dans ce niveau. C'est donc un contraste biologique non moins tranché que celui des faciès qui différencie cette marne du Valangien. Deux Ammonites exceptées, tous les autres fossiles se retrouvent dans les niveaux plus élevés des Marnes hauteriviennes.

L'un de nous[1] a montré que ce niveau stratigraphique passe plus au S à une marne grise remplie de Spongiaires et de Bryozoaires, nommée pour cela *Marne à Bryozoaires*, et qui (près de Sainte-Croix) contraste par sa faune de Mollusques et Brachiopodes, non moins nettement, avec une autre marne également riche en Bryozoaires qui lui est sous-jacente. Cette dernière est valangienne et contient les Brachiopodes du Valangien supérieur, dont aucun ne se retrouve dans la Marne à Bryozoaires. Plus au S, dans le Jura vaudois méridional, dans le département de l'Ain et au Salève, l'équivalent de la Marne à *Astiera* est un calcaire jaune échinodermique avec Bryozoaires, ayant donc le faciès du Valangien supérieur. Voici la faune que nous avons constatée dans ce niveau :

[1] H. SCHARDT. L'âge de la Marne à Bryozoaires. *Archives Genève*, XXXIV. 1895. — *Eclogae*, t. IV, p. 379-383.

Digitized by Google

Faune de la Marne à Astieria.

GISEMENTS : Pré des Clées = Cl. — Combe aux Epines = E. Champ du Moulin = Chm.

Mollusques céphalopodes.

Hoplites Leopoldi, d'Orb. — Cl, c.
Olcostephanus Carteroni, P. et C. — Cl, c.
» latissimus, Neum. et Uhl. — Cl, r.
Olcostephanus multiplicatus, Neum. et Uhl[1]. — E, r.
Belemnites pistilliformis, Blainv. — Cl, cc. E, r.
» bipartitus, Blainv. — Cl, r.
Duvalia dilatata, Blv. — Cl, r.

Mollusques gastéropodes, d'Orb. Cl.

Pleurotomaria neocomiensis, d'Orb. — Cl, c.
» Lardyi, P. et C. — Cl, rr.
Pleurotomaria Paillettei, d'Orb. — Cl, r.
» Jaccardi, d'Orb. — Cl, c.

Mollusques pélécypodes.

Panopaea neocomiensis, d'Orb. — Cl, c.
» lata, Ag. — Cl, r.
Venus Dupini, d'Orb. — Cl, c.
Cardium subhillanum, Leym. — Cl, r.
Cyprina Deshayesi, de Lor. — Cl, r.
Fimbria (Sphaera) corrugata, Sow. — Cl, c.
Astarte Beaumonti, Leym. — Cl, c.
» transversa, Leym. — Cl, r.
Astarte helvetica, P. et C. — Cl, r.
Trigonia scapha, Ag. — Cl, r.
» caudata, Ag. — Cl, c.
Arca Gabrielis, d'Orb. — Cl, r.
» securis, Leym. — Cl, r.
Exogyra Couloni, Defr. — Cl, cc.
Alectryonia rectangularis, Roem. — Cl, cc.
» Minos, Coq. — Cl, r.
» tuberculifera, K. et D. — Cl, cc.

Brachiopodes.

Terebratula acuta. — Cl, cc. E, cc.
» sella, Sow. — Cl, cc.

[1] M. BAUMBERGER (*Ueber Facies und Transgressionen der untern Kreide*, etc., Basel, 1901) nomme cette espèce *Olc. Atherstoni, Sharpe*. D'autre part M. Karakasch (Note sur le Crétacique inférieur de Biassala en Crimée), décrit et figure sous ce même nom un *Olcostephanus* qui n'est certainement pas identique à notre espèce, soit à l'*Olc. multiplicatus*, Neum. et Uhlig. Pour éviter toute confusion et en attendant que la question soit traitée à fond, ce que M. Baumberger se propose de faire, nous conserverons le nom d'*Olc. multiplicatus*, Neum. et Uhlig (non Rœmer), l'identité de notre espèce avec celle du Hils de l'Allemagne du Nord (Neumayr et Uhlig, pl. XXXIII, fig. 2) étant évidente. Il y aurait probablement lieu d'attribuer à cette dernière un nouveau nom, p. ex. *Olc. villersensis*, puisque c'est dans le gisement de Villers-le-Lac qu'elle se rencontre le plus fréquemment.

Digitized by Google

Vers.

Galeolaria neocomiensis, de Lor. — Cl, cc. E, cc.
Serpula heliciformis, Roem. — Cl, cc.
» antiquata, Sow. — Cl, cc.

Echinides.

Echinobrissus Olfersii, Ag. — Cl, c.
Botriopygus obovatus, Ag. — Cl, r.
Holaster intermedius, Ag. — Cl, c.
» cordatus, Dub. — Cl, cc.
Collyrites ovulum, Des. — Cl, cc.
Collyrites Jaccardi, Des. — Cl, c.
Toxaster complanatus, Des. — Cl, c.
Peltastes stellulatus, Ag. — Cl, rr.

Spongiaires.

Discaelia Perroni, From. — Cl, c.
» Cottaldi, From. — Cl, c.
» porosa, From. — Cl, c.
Monotheles stellata, From. — Cl, c.
Amorphofungia caespitosa, de Lor. — Cl, r.
Actinofungia porosa, From. — Cl. r.
Elasmostoma acutimargo, de Lor. — Cl, r..
Siphoneudea sp. — Cl, c.
Cupulochonia sp. — Cl, r.
Porospongia sp. — Cl, r.

Bryozoaires.

Mesentheripora Hiselii, de Lor. — E, r.
Ceriocava confusa, de Lor. — Cl, r.
Acanthopora pulchella, de Lor. — Cl, r.
Stomatopora incrassata, d'Orb. — Cl, r.
Reptomulticrescis neocomiensis, de Lor. — Cl, c.
Reptomulticava micropora, d'Orb. — Cl, c.

b) *Marne grise, localement jaune clair.* C'est le faciès normal des Marnes hauteriviennes qui peuvent atteindre quinze à vingt mètres. A la Combe aux Epines, leur épaisseur paraît être d'à peine cinq à six mètres, ce qui est probablement attribuable à la forte compression que les terrains ont subie à cet endroit, car à Cuchemanteau la partie supérieure des Marnes hauteriviennes possède, à elle seule, près de dix mètres d'épaisseur. Dans le bas, les marnes sont d'une texture très homogène; plus haut, tout en conservant leur teinte gris-cendré, elles deviennent noduleuses et passent au calcaire concrétionné, comme dans la zone néocomienne formant la bordure de la Chaîne du Lac.

La faune est sensiblement la même que celle du gisement classique de Hauterive. La plupart des collections ne contenant que peu de fossiles de ce niveau, nous donnons ci-dessous la liste complète de nos trouvailles, augmentée de celle des espèces recueillies par M. Baumberger.

Digitized by Google

Faune de la Marne hauterivienne.

GISEMENTS : Pré des Clées = Cl. — Cuchemanteau = Cu. Champ du Moulin = Chm. — Combe aux Epines = E.

Crustacés.

Un fragment. Cl.

Mollusques céphalopodes.

Hoplites radiatus, Brug. — Cl, c. Chm, c.
» castellanensis, d'Orb. — Cl, c.
» Leopoldi, d'Orb. — Chm, r.
Olcostephanus psilostomus, Neum. et Uhl. — Chm, r.
Duvalia dilatata, Blv. — Cl, r.
Nautilus pseudoelegans, d'Orb. — Cl, r.
» neocomiensis, d'Orb. — Cl, r.

Mollusques gastéropodes.

Neritopsis Meriani, de Lor. — Cl, rr.
Natica Hugardi, d'Orb. — Cl, r.
Pleurotomaria Bourgueti, Ag. — Cl, cc. Cu, c. Chm, c.
» Pailletei, d'Orb. — Chm, c. Cu, r.

Mollusques pélécypodes.

Panopaea neocomiensis, d'Orb. — Cl, cc. Cu, c. Chm, c.
» Carteroni, d'Orb. — Cl, c.
» lateralis, Ag. — Cu.
Pholadomya elongata, Munst. — Cl, r.
» Gillieroni, P. et C. — Cu, r.
Venus sub Brongniarti, d'Orb. — Cl, c.
» Cornueli, d'Orb. — Cl, c.
» Robinaldi, d'Orb. — Cl, cc.
» Dupini, d'Orb. — Cl, cc. Chm, c.
» Escheri, de Lor. — Cl, r.
» Vendoperi, d'Orb. — Cu, r.
Psammobia tenuis, P et C. — Cl, rr.
Cardium peregrinum, P. et C. — Cl, r.
» subhillanum, Leym. — Chm, c.
» Cottaldi, d'Orb. — Cu, r.
Anatina Agassizii, d'Orb. — Cu, rr.
Fimbria corrugata, Sow. — Cl, cc.
Cyprina Deshayesi, de Lor. — Cl, r. Cu, r.
Astarte gigantea, Desh. — Cl, c.
» Beaumonti, Leym. — Cl, c.
Trigonia caudata, Ag. — Cu, r.
» scapha, Ag. — Cu, r.
Arca Gabrielis, d'Orb. — Cl, r. Cu, c,
» Moreana, d'Orb. — Cl, r.
» securis, Leym. — Cl, cc. Cu, r.
Nucula simplex, Desh. — Cl, c.
Gervillia sp. — Cl, r.
Janira neocomiensis, d'Orb. — Cl, c.
Exogyra Couloni, Defr. — Cl, cc.
Alectryonia rectangularis, Roem. — Chm, r.

Digitized by Google

Brachiopodes.

Rhynchonella multiformis, Roem. — Partout cc.
» acuta, Quenst. — Partout cc.
Waldheimia faba, Sow. — Cl, c. Chm, c.

Echinides.

Pseudodiadema rotulare, Ag. — Cl, r.
» Bourgueti, Ag. — Chm. r.
Echinobrissus Olfersii, Ag. — Cl, r.
Holaster intermedius, Ag. — Cl, c. Chm, c.
» cordatus, Dub. — Cu, r.
Collyrites ovulum, Des. — Cl, c.
Holectypus macropygus, Des. — Cl, r.
Toxaster complanatus, Des. — Partout cc.
Peltastes stellulatus, Ag. — Cu, r.

Vers.

Galeolaria neocomiensis, de Lor. — Chm, r.
Serpula heliciformis, Roem. — Partout cc.
» antiquata, Sow. — Chm, c.

Spongiaires.

Elasmostoma sp.

Pierre jaune de Neuchâtel ou Hauterivien supérieur.

Ce sous-étage du Hauterivien atteint dans la région des Gorges de l'Areuse environ 50 m. d'épaisseur. Il se compose dans la partie supérieure de calcaires finement oolitiques, prenant plus bas une texture plutôt spathique ; puis vient dans le milieu une couche marneuse ou marno-calcaire, dans laquelle on trouve fréquemment des *Bryozoaires* sphériques, des *Spongiaires* et quelquefois des *Brachiopodes* (*Eudesia semistriata*). Le massif calcaire inférieur à cette marne a presque toujours une texture spathique. Il est plus riche en glauconite et presque toujours sans fossiles complets. Il se compose presque exclusivement de débris de *Crinoïdes*, d'*Echinides*, d'*Ostracés* et de *Bryozoaires*.

La Pierre jaune de Neuchâtel offre une très belle coupe sur la nouvelle route conduisant de Pontareuse à l'usine des Clées. La petite galerie taillée dans le contrefort contourné par la rivière sur la rive droite, au Gor du Communal, entre en rocher juste sur la limite de l'Urgonien inférieur et du Hauterivien supérieur, dont on peut suivre toutes les assises banc par banc, jusque dans le voisinage de l'usine, où apparaît la Marne hauterivienne. Ici toutes les couches sont sans fossiles.

Digitized by Google

Sur le flanc SE de la Montagne de Boudry, au-dessus de Perreux, il existe deux carrières, où l'on peut voir la couche marno-calcaire superposée aux bancs exploités du massif inférieur. La première qui se trouve à la cote de 590 m., au-dessus de la Métairie Porret (Vy de Sassel), offre dans la zone marneuse une grande abondance de *Bryozoaires* et de *Spongiaires*, accompagnés d'*Alectryonia rectangularis*. La seconde, dite Carrière de Cerf, se trouve juste sur la limite de notre carte. Le marno-calcaire y est rempli d'*Eudesia semistriata* et d'innombrables dents de *Sphaerodus neocomiensis*.

Sur la rive gauche de l'Areuse, la Pierre jaune forme plusieurs beaux affleurements, tout d'abord dans deux carrières situées au-dessous de Chambrelien, sur le flanc gauche du ravin du Merdasson.

L'une, au Creux du Cerf, s'ouvre dans des couches plongeant de 10° au SE. Elle ne montre que les bancs inférieurs formés d'un calcaire spathique glauconiteux, jaune en dalles.

L'autre, située au-dessous de la Luche, au bord de la route de Rochefort, montre, superposés à 13 m. de calcaire spathique glauconiteux, une marne homogène jaune, épaisse de 0m60, avec *Alectryonia rectangularis*, puis encore 5 m. de calcaire oolitique miliaire fin, le tout plongeant de 7-10° au SE.

Non loin de cette carrière, M. Baumberger a trouvé plusieurs fossiles, dans un calcaire oolitique affleurant dans la tranchée du chemin de fer ; entre autres *Botriopygus Campichei*.

La tranchée du chemin de fer de Pontarlier traverse au-dessus des Buges et de la Prise de Pierre, toute la série du Hauterivien supérieur. On y peut particulièrement bien suivre le passage de l'Urgonien inférieur, avec sa faune caractéristique, aux couches ordinairement peu fossilifères du Hauterivien supérieur. La superposition est la même que dans la carrière de la Luche. Dans la partie supérieure, ce sont des calcaires oolitiques, parfois spathiques, avec peu ou point de glauconite ; ils offrent très distinctement la *stratification oblique au délit des couches*, attestant l'entassement des débris échinodermiques et oolitiques sous l'action de courants marins. Au milieu se voit une couche de 1 m. de calcaire marneux, au-dessus de 0m50 de marne noduleuse avec *Bryozoaires* sphériques et *Spongiaires*, reposant sur du calcaire glauconiteux.

Digitized by Google

On retrouve la Pierre jaune dans un état fortement disloqué à la Combe aux Epines, toujours sur la ligne de Pontarlier, ainsi que sur le sentier de Chambrelien qui longe la voie à une altitude un peu supérieure. (Cl. 25, p. 423).

Le chemin de Combe-Garot à la Verrière, coupe à plusieurs reprises la Pierre jaune dans une situation encore plus disloquée qu'à la Combe aux Epines (voir Tectonique). Dans la colline de Cuchemanteau, cependant, la série des couches est complètement visible, avec un plongement régulier de 60-70° au SE. Le massif glauconiteux inférieur est séparé des calcaires jaunes supérieurs par une faible zone marno-calcaire stérile, visible à l'entrée amont de la petite galerie que traverse le sentier tendant au Champ du Moulin. Sur ce même sentier, on longe constamment le Hauterivien supérieur jusqu'à la Rugesse, où l'on atteint le Valangien.

Sur la route des Ponts, au-dessus de Noiraigue, avant d'arriver au Haut de la Côte, on suit sur une certaine longueur les bancs de la Pierre jaune. Nous devons à M. Baumberger l'indication de plusieurs fossiles qu'il a trouvés en ce point.

Enfin ce même terrain avec son faciès habituel s'observe encore de l'autre côté de la vallée, dans la Combe des *Œuillons*.

Les fossiles du Hauterivien supérieur sont les mêmes que ceux de la marne grise et des calcaires marneux sous-jacents. Nous ne connaissons aucune espèce qui soit propre à l'un de ces niveaux à l'exclusion de l'autre. L'*Eudesia semistriata* que nous ne connaissons pas du Hauterivien inférieur de notre région, s'y trouve par contre ailleurs.

Le faciès oolitique et échinodermique de la Pierre jaune trahit des dépôts formés sous l'action de forts courants marins ; il est donc tout naturel qu'ils ne renferment que peu de fossiles entiers, sauf parfois dans les intercalations marno-calcaires.

Fossiles du Hauterivien supérieur.

Gisements : Carrière sur Pontareuse = P. — Carrière de Cerf = Ce. — La Luche = L. — Buges = Bu. — Combe aux Epines = E. — Cuchemanteau = Cu. — Haut de la Côte = Co.

Vertébrés.

Sphaerodus neocomiensis, Ag. — Ce.

Digitized by Google

Mollusques céphalopodes.

Hoplites Leopoldi, d'Orb. — Co.

Mollusques pélécypodes.

Alectryonia rectangularis, Roem. — P, cc. L, c. Bu, r.
» tuberculifera, K. et D. — P, r.
Exogyra Couloni, Defr. — E, r.
Lima Tombecki, d'Orb. — Co, r.
Venus Dupini, d'Orb, — Bu, r.

Brachiopodes.

Rhynchonella multiformis, Roem. — Ce, — Ce, c. Cu, cc. Co, c. Bu, c.
» Gillieroni, de Lor. — Bu, r.
Eudesia semistriata, Defr. — Ce, cc.
» Marcoui, d'Orb. — Bu, r.

Bryozoaires.

Reptomulticava micropora, Roem. — P, cc. L, c.
Reptomulticrescis neocomiensis, de Lor. — P, c.

Echinides.

Cidaris Muricata, Roem. — L, r.
Botriopygus Campichei, d'Orb. — L, rr.
Toxaster complanatus, Ag. — Cu.
Pygurus Montmollini, Ag. — Cu.

Spongiaires.

Elasmostoma neocomiensis, de Lor. — P, c.
Discaelia Gillieroni, de Lor. — L, c.
Discaelia Perroni, From. — Bu, r.
Elasmoierea tortuosa, de Lor. — Bu, r.

ÉTAGE URGONIEN

(Barrémien.)

La division de cet étage en deux sous-étages, *l'Urgonien inférieur* ou Couches de la Russille (zone à *Goniopygus peltatus*) et l'*Urgonien supérieur* ou Calcaire à *Requienia*, est plutôt une distinction de faciès.

La superposition très nette que l'on peut constater dans les localités classiques de la Russille et du Mormont, tend à s'effacer de plus en plus vers le N, où l'on constate très positivement des alternances du faciès à *Echinides* et *Brachiopodes* (faciès russillien) et du faciès coralligène à *Requienia* (Urgonien). Cela tendrait à démontrer que nous avons là deux faciès partiellement contemporains. Il en découle que l'un peut empiéter sur l'autre de manière même à se substituer à lui complètement. Dans une certaine mesure cela semble être le cas sur notre territoire, où l'Urgonien supérieur offre une épaisseur très variable. Toutefois, vers le haut, il y a toujours superposition du calcaire à *Requienia* au faciès russillien.

Les alternances que l'on observe à Bevaix, Saint-Aubin,

Digitized by Google

Auvernier et Serrières, n'ont pas été constatées dans la région des Gorges.

Urgonien inférieur ou Couches de la Russille.

Ce faciès du Barrémien qui se continue avec une constance remarquable à travers la plus grande partie du Jura, se retrouve dans notre région, avec une assez forte épaisseur. Il est surtout bien développé sur le flanc de la Chaîne du Lac, où dans le Gor du Communal, entre Pontareuse et les Clées, on mesure 19 m. de Couches de la Russille, soit de bancs calcaires jaunes, rocailleux, mal stratifiés, avec quelques intercalations de marne calcaire noduleuse, contenant la faune habituelle de ce faciès. Les fondations de l'usine hydraulique des Métairies ont rencontré l'Urgonien inférieur. C'est sur la rive gauche, au-dessus de Trois Rods et dans le ravin du Merdasson que l'on trouve les plus beaux affleurements. Le gisement très connu des carrières de la gare de Bôle est en dehors du cadre de notre carte. La tranchée du chemin de fer de Pontarlier coupe, avant d'arriver aux Buges, toute la série de l'Urgonien inférieur, jusqu'au Hauterivien supérieur. Le contact avec les bancs de Pierre jaune, que la stratification oblique des éléments détritiques zoogènes permet de reconnaître facilement, est en outre marqué par une zone marno-calcaire contenant *Eudesia ebrodunensis*. En cela ce gisement se rapproche beaucoup de ceux de la Russille et du Mormont.

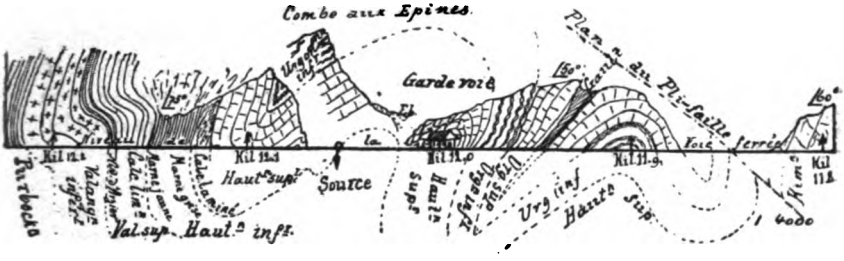
Voici la série des couches que l'on constate aux Buges ; le contact avec l'Urgonien supérieur est invisible; il est caché par de la moraine.

		Mètres.
Urgonien inférieur.	10. Calcaire rocailleux, fissuré, jaune, visible sur .	1,00
	9. Délit marneux jaune avec fossiles	0,05
	7-8. Calcaire noduleux, jaune-clair, avec veines marneuses, rempli de fossiles. Un délit marneux plus prononcé divise ce banc en deux couches de 1 m. chacune	2,00
	6. Calcaire jaune, compact, peu spathique . . .	2,00
	5. Délit marno-calcaire avec fossiles	0,05
	4. Calcaire jaune, rosé, compact	2,00
	3. Couche marno-calcaire, jaune, avec fossiles (grand *Nautilus* cf. *pseudo elegans*).	0,60
	2. Calcaire craquelé jaune.	1,50
	1. Calcaire marneux, noduleux, jaune, *Eudesia semistriata*	0,50

Digitized by Google

		Mètres.
Hauterivien sup.	3. Calcaire, jaune-clair, oolitique, un peu spathique avec stratification oblique aux délits des bancs	3,40
	2. Délit marneux sans fossiles	0,05
	1. Calcaire oolitique jaune, visible sur	2,00

Ce n'est donc que la moitié inférieur des Couches de la Russille que l'on observe dans ce gisement qui est d'une richesse remarquable en fossiles. La faune est absolument celle de la Russille et du Mormont. On y constate cependant une espèce nouvelle de *Waldheimia* que nous connaissons aussi du Merdasson, de Serrières et d'Auvernier. Elle appartient au groupe de la *W. Moreana*.



Cl. 25. — Profil détaillé des replis du Néocomien le long de la voie ferrée Neuchâtel-Pontarlier, à la Combe aux Epines.

L'Urgonien inférieur du synclinal de Rochefort-Val de Travers qui suit dans un état d'écrasement complet la Combe aux Epines, puis le flanc SE des Gorges de l'Areuse, présente une réduction notable d'épaisseur. On ne mesure plus que 8 à 10 m. entre le Hauterivien supérieur et l'Urgonien coralligène pur, et, dans les bancs du sommet, on constate même une fusion du faciès à Brachiopodes avec le faciès coralligène. Ce fait est nettement visible au-dessus de Rochefort dans la Combe-Léonard, où l'on rencontre les fossiles russilliens, au milieu d'un calcaire jaune, rocailleux, avec de nombreux *Coraux* réunis par un ciment marneux jaune.

A la Combe aux Epines, où le synclinal s'abaisse jusqu'à l'Areuse qu'il traverse un peu en amont de Combe-Garot, l'Urgonien inférieur apparaît à trois reprises dans les replis du fond du synclinal, comme le montre la coupe naturelle. (Cl. 25.) Il est formé de calcaires spathiques ou oolitiques, jaunes, avec quelques intercalations marno-calcaires de même

Digitized by Google

couleur, caractérisées par *Rhynchonella lata* et des piquants de *Cidaris*. Au NE de la maison du garde-voie, sur la ligne du chemin de fer près du gisement de Gault, l'Urgonien inférieur arrive presque en contact avec ce dernier terrain, qui n'a qu'une très faible épaisseur. Il y a là une marne jaune d'ocre, avec d'innombrables rognons informes, qui sont peut-être des Spongiaires ou des colonies de Bryozoaires, mais leur détermination est impossible. Un peu au-dessus de la voie ferrée, cette marne entre à son tour en contact avec le terrain albien, ce qui est manifestement dû pour une part à l'écrasement des couches et peut-être aux érosions préalbiennes.

De l'autre côté de la rivière, en amont de Combe-Garot, on constate plusieurs replis d'Urgonien et de Hauterivien suivis d'un rocher d'Urgonien supérieur dessinant une voûte très nette qui renferme un noyau de marno-calcaire jaune avec *Rhynchonella lata* (voir Cl. 29). L'Urgonien inférieur est formé ici d'une couche de 7-8 m. de calcaire jaune, séparé de la Pierre jaune et de l'Urgonien supérieur par une couche marneuse à *Rhynchonella lata*. On retrouve les couches à *Rh. lata* sur le sentier conduisant à la Verrière, de même que sur l'ancien sentier conduisant du pont de la Verrière aux Lanvoennes, où, il y a nombre d'années, nous avons recueilli les fossiles caractéristiques de ce terrain. La colline de Cuchemanteau ne laisse guère affleurer l'Urgonien inférieur qui se trouve dans la partie boisée.

Le gisement le plus remarquable, par contre, se trouve près du pont de Cuchemanteau, dans une carrière ouverte durant la construction de l'aqueduc de l'usine de Combe-Garot. On y voit à découvert toute la série des bancs compris entre la Pierre jaune de Neuchâtel et l'Urgonien supérieur. M. Baumberger[1] a donné la liste de quelques-uns des fossiles qu'on y trouve, en insistant sur le caractère coralligène du sommet de l'Urgonien inférieur. Les couches les plus profondes de ce sous-étage ont absolument le faciès de la Russille; plus haut on voit s'intercaler entre les marnes à *Brachiopodes* et *Echinides*, des lits peu épais de calcaire noduleux, dont les éléments ont l'aspect de rognons que M. Baumberger désigne sous le nom de *Thamnarea cancellata*, Koby. Bien que nous ayons étudié ce gisement à plusieurs reprises et relevé deux fois la série des couches, nous n'avons pu trouver qu'un seul échantillon *certain* de cette espèce. Les innombrables rognons informes qui composent

[1] *Eclogæ*, t. V, 1898, p. 525.

Digitized by Google

les couches coralligènes de ce gisement ont cependant bien la forme des *Thamnarea*, qui d'ailleurs ne diffère pas de celle de certains Spongiaires. Dans les échantillons que nous avons examinés, les caractères distinctifs extérieurs des *Thamnarea* font défaut. Les coupes et les surfaces attaquées par l'acide chlorhydrique ne laissent voir qu'un tissu enchevêtré, souvent vermiculé, qui nous a tout d'abord porté à considérer ces fossiles plutôt comme des Spongiaires. Il est cependant possible qu'ils appartiennent à des polypiers du genre *Thamnarea* ou d'un genre voisin, dont l'écorce serait entièrement usée par le roulage. Les calices et les cloisons des *Thamnarea* sont en effet très superficiels; une fois la couche extérieure du polypier usée, le tissu interne n'offre plus qu'un enchevêtrement confus. L'échantillon que nous avons pu attribuer avec certitude au *Thamnarea cancellata*, est absolument identique à ceux de Morteau et de Travers de la collection Jaccard, et présente la même structure interne que ceux-ci. Les *Thamnarea* étant décrits comme pouvant avoir un tissu vermiculé, nous sommes donc portés à admettre que les polypiers de Cuchemanteau appartiennent bien à ce genre, puisqu'aucune autre détermination n'est possible et que le seul échantillon déterminable est justement un *Thamnarea cancellata*, Koby. Les individus que M. Baumberger a considérés comme tels et qu'il a bien voulu nous communiquer, sont tout à fait pareils à nos polypiers à tissu vermiculé, sans calices visibles.

Voici la coupe que nous avons relevée dans cette carrière; elle est plus détaillée que celle de M. Baumberger :

		Mètres.
12.	Calcaire jaune compact, fissuré, formant le sommet de la carrière, visible sur	3-4
11.	Marne jaune sans fossiles	0,15
10.	Calcaire coralligène, jaunâtre, formé de polypiers roulés, englobés dans un ciment blanc. . . . . D'innombrables coquilles perforantes sont engagées dans les polypiers, ainsi que quelques coquilles épaisses paraissant appartenir à des *Requienia*.	1,20
9.	Marno-calcaire avec *Rhynchonella lata*, etc. . .	0,20
8.	Banc calcaire jaune.	0,30
7.	Marne grumeleuse jaune avec *Rh. lata* et nombreux *Gastéropodes*.	0,40
6.	Marno-calcaire noduleux jaune	0,55
5.	Calcaire compact ou oolitique jaune	1,00

Digitized by Google

	Mètres.
4. Marne jaune feuilletée homogène à *Rhynchonella* et petits *Gastéropodes*	0,30
3. Marno-calcaire oolitique fissuré	0,40
2. Marno-calcaire noduleux avec *Rhynchonella* . . .	0,75
1. Calcaire jaune oolitique, ou noduleux par places, visible sur	8,00

Le banc 12 forme probablement la base de l'Urgonien supérieur, tandis que la couche 1 appartient certainement au Hauterivien supérieur. L'Urgonien inférieur comprend donc les couches 2-10 avec une épaisseur de 7m25. L'alternance des faciès corralligène et marneux, rapproche en effet ce gisement de celui de Morteau, si remarquablement riche en polypiers appartenant à un grand nombre d'espèces. Mais, comme le remarque M. Baumberger, il présente avec celui-ci un singulier contraste, dans le fait que les bancs coralligènes n'y sont formés presque exclusivement que d'une seule espèce.

Plus en amont du Champ du Moulin les éboulis et les moraines masquent en grande partie le synclinal néocomien et les affleurements de l'Urgonien inférieur font défaut.

Faune de l'Urgonien inférieur.

Gisements : Gor du Communal = Co. — Buges = Bu. — Merdasson = Me. — Rochefort = Ro. — Combe aux Epines = E. — Combe-Garot-La Verrière = Ga. — Carrière près de Cuchemanteau = Cu.

Mollusques gastéropodes.

Tylostoma ellipticum, P. et C. — Co, r. Bu, c.
» depressum, P. et C. — Bu, r. Cu, r.
Turritella sp. — Bu, r.
Cerithium Viteli, C. et C. — Bu, c. Cu, rr.
Trochus morteauensis, P. et C. — Co, rr. Bu, r. Cu, r.
» Laharpei, P. et C. — Cu, r.
Turbo chatillonensis, P. et C. — Me, rr.
Turbo urgonensis, P. et C. — Me, r. Ga. Cu, cc.
» dubisiensis, P. et C. — Cu, r.
Pleurotomaria orbensis, P. et C. — Me, r. Bu, rr.
» Renevieri, P. et C. — Bu, rr.
» anomala, P. et C. — Cu, r.
» truncata, P. et C. — Cu, c.
Pterocera sp. — Bu, rr.
Columbellina maxima, de Lor. — Cu, r.

Mollusques pélécypodes.

Panopaea neocomiensis, d'Orb. — Me, c.
» Carteroni, d'Orb. — Cu, r.
Venus obesa. — Cu, r.
Cardium subhillanum, Leym. — Co, r. Cu, r.

Digitized by Google

Cyprina orbensis, P. et C. — Co, r. Ga, c.
Arca marullensis, d'Orb. — Bu, r. — Cu.
Anatina marullensis, d'Orb. — Cu.
Nucula planata, Desh. — Cu, r.
Lithodomus oblongus, d'Orb. — Me, r. Bu, r. Cu, r.
Pecten urgonensis, de Lor. — Me, r.
Pecten Archiaci, d'Orb. — Ro, r. Ga. r.
Pecten landeronensis, de Lor. — Cu, r.
» Carteroni, d'Orb. — Ga. r.
Janira Euryotis, P. et C. — Me, rr.
Alectryonia tuberculifera, K. et D. — Me, c. Bu, c. Ga. Cu.
» rectangularis, Roem. — Co, r. Ro, r. Ga.
» minos, Coq. — Ga.
Lima Orbignyi, Dsh. — Bu, rr.
» Tombecki, d'Orb. — Bu, rr.
Monopleura michaillensis, P. et C. — Cu, r.

Brachiopodes.

Terebratula essertensis, P. et C. — Me, c. Ga. Cu, c.
» russillensis, de Lor. — Me, cc. Bu, cc. Ga. Cu, c.
Waldheimia globus, Pict. — Bu, rr. Cu, r.
» sp. nov. du groupe du *W. Moreana*. — Me, r. Bu, cc.
Eudesia ebrodunensis, Ag. — Co, r. Bu, r.
Rhynchonella lata, Sow. — Co, c. Me, cc. Bu, c. Ro. E. Ga. Cu, cc.
» irregularis, Pict. — Me, cc. Bu, c. Ga, c. Cu, r.
» Gillieroni, Pict. — Me, rr.

Bryozoaires.

Ceriopora dumosa, From. — Co, cc. Bu, c.
Reptomulticava Gillieroni, de Lor. — Co, cc. Me, c. Bu, c. Cu, r.
Reptomulticava bellula, de Lor. — Bu, r. Cu, r.

Echinodermes.

Cidaris Lardyi, Des. — Co, c. Me, c. Bu, cc. Cu, c.
» muricata, Roem. — Bu, r.
» cornifera, Ag. — Me, c, Bu, c.
Pseudocidaris clunifera, Ag. — Co, r. Me, cc. Bu, c. Ro. Cu, c.
Goniopygus peltatus, Ag. — Co, c. Me, c. Bu, cc. Ga. Cu, c.
Peltastes stellulatus, Ag. — Bu, r. Cu, r.
Pseudodiadema Jaccardi, Cott. — Ro, rr.
Botriopygus obovatus, d'Orb.
Antedon (Ophiocrinus) Hiselii, de Lor. — Bu, r.

Polypiers.

Eugyra pusilla, Koby. — Bu, r.
Favia hemisphaerica, From. — Ro.
Thamnastraea frondescens, From. — Ro.
» urgonensis, Koby. — Ro.
Thamnarea cancellata, Koby. — Cu, cc.
Thamnastraea sp. — Cu.
Astrocaenia sp. — Cu.

Digitized by Google

Spongiaires.

Amorphofungia multiformis, de Lor. — Me, c. Cu, r.
Discaelia Gillieroni, de Lor. — Me, cc.
» glomerata, From. — Me, r. Cu, c.
Discaelia Perroni, From. — Me, r. Cu, c.
» flabellata, d'Orb. — Me, r.
» Cotteaui, From. — Me, c. C, cc.

Protozoaires.

Nodoraria sp. — Bu, c.

Urgonien supérieur.

Ce que nous avons dit de l'Urgonien en général, nous dispense de parler longuement du sous-étage supérieur qui ne présente rien de saillant. Il ne forme qu'une bordure étroite à la base de la Chaîne du Lac et il est, de plus, souvent couvert par les dépôts glaciaires.

La carrière Gor du Communal, à l'entrée des Gorges de l'Areuse, offre la meilleure coupe de ce terrain. Au-dessus d'un lit marno-calcaire jaune, avec la faune de la Russille, vient une assise de calcaire jaune oolitique de 6 m. appartenant encore à l'Urgonien inférieur. L'Urgonien supérieur débute par un massif de 7 m. de calcaire *blanc-jaunâtre* tendre qu'on a exploité pour la construction du viaduc de Boudry. L'emploi de ces matériaux peu résistants a nécessité des travaux de réfection extrêmement coûteux. Le sommet de cette carrière est formé d'un *calcaire coralligène* blanc épais de 3 m., renfermant *Requienia Ammonia*.

L'Urgonien supérieur ne mesure donc guère plus de 10 m., car, à faible distance, les marnes tertiaires viennent se superposer au calcaire blanc.

Dans le synclinal de Rochefort-Val de Travers, l'épaisseur de l'Urgonien supérieur est encore plus réduite par places. Nous avons déjà signalé la réduction extraordinaire de cette assise à la Combe aux Epines, ce qui permettrait de conclure à des érosions préalbiennes, vu l'absence de l'Aptien et l'aspect corrodé de l'Urgonien au contact de l'Albien. Le même fait se répète près de Rochefort et près de la Coudre au NE de Neuchâtel, ainsi que l'a signalé l'un de nous [1].

Aux Lanvoennes, mêmes constatations, tandis que vis-à-vis, à Cuchemanteau, l'épaisseur de l'Urgonien est un peu plus forte. Il consiste en un calcaire compact, blanc ou jaunâtre.

[1] H. SCHARDT. *Mélanges géologiques* II. *Bull. neuch.* XXIX, 1901, p. 119.

Digitized by Google

Aux Œuillons, par contre, apparaît déjà le calcaire tendre, crayeux, qui, au Val de Travers, est imprégné d'asphalte. Nous y avons trouvé, près de la fontaine, un beau moule interne d'une *Purpuroïdea*.

Les restes organiques déterminables sont fort rares dans notre Urgonien supérieur. Le seul gisement qui en ait fourni est la carrière du Gor du Communal. Nous y avons constaté :

Requienia Ammonia, Goldf.
Astrocaenia subornata, d'Orb.

L'Aptien (Rhodanien) qui termine la série infracrétacique au Val de Travers (La Presta) et aux environs de Sainte-Croix, en servant de base à l'Albien, manque absolument dans le synclinal Œuillons-Rochefort, ainsi que sur le flanc SE de la Chaîne du Lac. Ce que nous disions plus haut d'une érosion préalbienne est donc corroboré par cette lacune stratigraphique frappante et évidente. Les Lacherelles, près de Travers, marquent à peu près la limite NE de la mer aptienne, par une zone d'émersion qui a mis à découvert l'Urgonien du prolongement NE du synclinal Rochefort-Val de Ruz et de la Chaîne du Lac, puisque ici l'Albien repose sur l'Urgonien corrodé. Le faciès de l'Aptien, formé à la Presta de marnes verdâtres, fortement terrigènes, trahit le voisinage d'une terre ferme; sa faune présente un caractère littoral bien marqué.

B. CRÉTACIQUE MOYEN (CÉNOMANIEN)

ALBIEN ET ROTOMAGIEN

Nous avons décrit récemment[1] ce terrain qui a été momentanément visible à Baliset sur Rochefort, à la Combe aux Epines, au pied des Lanvoennes et en amont du Champ du Moulin.

Dans ces quatre gisements, l'Albien se compose d'une couche peu épaisse de sable vert avec fossiles phosphatés abondants, sur laquelle repose une épaisseur variable d'argile rouge, bleue ou grise, flambée, avec fossiles pyriteux.

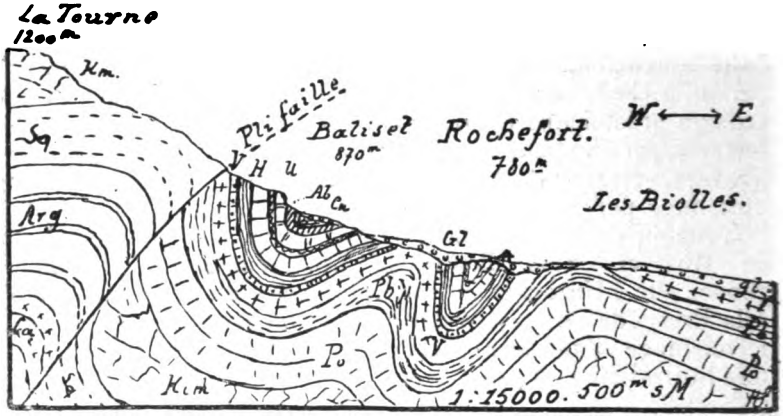
Le gisement de Baliset sur Rochefort est aujourd'hui recouvert. Sa situation au pied de l'arête de la Tourne est représentée dans le profil (Cl. 26), montrant le pli-faille du flanc

[1] H. Schardt et Aug. Dubois. *Le Crétacique moyen du synclinal Val de Travers-Rochefort. Bull. neuch.*, XXVIII, 1900, 129-157.

Digitized by Google

SE de cette montagne, grâce auquel ce lambeau de terrain si délitable a pu être conservé.

Nous devons ajouter que le terrain *marno-calcaire gris-blanchâtre* ou *verdâtre* que nous avons attribué avec doute au *Cénomanien*, a été de nouveau mis à découvert par la construction d'un réservoir. Bien que nous n'ayons pu découvrir aucun fossile attestant l'âge de cette formation, il ne nous paraît plus douteux aujourd'hui qu'elle appartienne plutôt au Tertiaire. Elle renferme, en effet, de grandes lames de *gypse fibreux*, comme on en trouve dans les marnes aquitaniennes grises des Lanvoennes et de Boudry[1].



Cl. 26. — Gisement d'Albien et de Tertiaire à Baliset sur Rochefort.

Cn. Tertiaire (Aquitanien). Ab. Albien. U. Urgonien. H. Hauterivien. V. Valangien. Pb. Purbeckien. Po. Portlandien. Km. Kimmeridgien. Sq. Séquanien.

A la Combe aux Epines, l'Albien est pincé dans un étroit synclinal de l'Urgonien en transgression partielle sur celui-ci (voir Cl. 25, p. 423).

Aux Lanvoennes, l'argile albienne forme une faible lame appliquée contre l'Urgonien supérieur (voir fig. 2, Pl. 13).

Ces trois gisements sont aujourd'hui invisibles. Il ne rest que celui du Champ du Moulin, dont la situation ressort du Cl. 24, p. 409. Il est réduit à un minime pointement de marne argileuse rouge, très plastique, avec *Corbula gaultina* et *Desmoceras latidorsatum*.

[1] Il y aurait donc lieu de corriger notre carte géologique en remplaçant tout simplement la couleur vert clair avec le monogramme Cs, par le jaune du Tertiaire (M).

Digitized by Google

Nous renvoyons pour tous les détails concernant ces gisements à la notice citée, qui contient aussi la liste des nombreux fossiles recueillis à Baliset et à la Combe aux Epines[1].

JACCARD[2] a signalé un affleurement d'*Albien* et de *Cénomanien* dans un emposieu près du Joratel (vallée des Ponts). Il n'en dit que deux mots et figure sa situation dans un profil sans échelle. Nous avons vainement cherché un emposieu dans le voisinage du Joratel. Il en existe par contre un assez grand à l'E de Combe Varin, indiqué sur la carte, mais qui n'offre aucun affleurement visible. Un second emposieu, qui nous paraît être celui dont a voulu parler Jaccard, est situé au NE de *Brot-dessus*, à environ 50 m. de la route. Il est profond, très vaste, mais les affleurements y sont également recouverts aujourd'hui.

La collection Jaccard ne contient aucun fossile albien de ce gisement; ils auront été sans doute mélangés à ceux de Sainte-Croix ou de Morteau. Il s'y trouve en revanche quelques espèces du CÉNOMANIEN INFÉRIEUR (Rotomagien); ce sont:

Schloenbachia varians, Sow. Turbo sp.
Turrilites Gravesi, d'Orb.

TERRAINS TERTIAIRES

Le Nummulitique ou Eocène fait entièrement défaut dans notre région, comme d'ailleurs dans presque tout le reste du Jura suisse, qui a dû être terre émergée dès le Crétacique moyen. C'est pendant ce temps surtout que s'est développé le faciès continental crénégène du *Sidérolitique*, dont les Gorges de l'Areuse n'offrent que quelques filons sans importance et

[1] Cette liste comprend soixante-quinze espèces; on peut y ajouter les cinq suivantes trouvées depuis l'époque de sa publication (C = Combe aux Epines; B = Baliset):

Schloenbachia cristata, Deluc. B.
Acanthoceras Lyelli, Leym. C.
Turbo Picteti, d'Orb. B.
Solarium Hugii, P. et C. B.
Pleurotomaria Moreausi, d'Orb. B.
Lima Itieri, P, et Rx. B.
Une pièce d'Articulé cirripède, appartenant probablement au genre *Scalpellum*. B.

[2] *Mat. carte géol.*, VII, 1870, p. 23; pl. IV, fig. 1.

Digitized by Google

sans aucune trace de fossiles. Nous nous contentons donc de cette simple mention à titre de mémoire.

Le seul représentant de la série éogénique est l'Aquitanien qui n'en forme que le sommet. Le Néogénique inférieur est également fort incomplet, grâce à l'érosion qui a déblayé presque tous ces terrains. Nous n'en trouvons que des couches attribuables à l'étage Langhien ou Burdigalien.

Pour plus de simplicité nous décrirons ensemble ces terrains appartenant à la « Mollasse. »

TERRAINS MOLLASSIQUES

(Aquitanien et Langhien.)

Outre la bordure tertiaire de la Chaîne du Lac, qui forme l'angle SE de notre carte, le Tertiaire forme une zone étroite dans le synclinal des gorges entre la côte du Champ du Moulin et Combe-Garot, puis un lambeau que nous indiquons aux Oeuillons, bien qu'il n'affleure pas, mais dont la présence au-dessus de l'Urgonien est indiquée par une source très constante. Enfin, il y a lieu de noter la marne blanche tertiaire de Baliset, dont nous venons de parler.

Environs de Boudry. — Le Tertiaire de cette région appartient à la zone marginale du Plateau suisse. Ces terrains ne participent que dans une mesure fort restreinte, et au surplus accessoire, à la formation des Gorges de l'Areuse. Leur stratigraphie a déjà fait l'objet d'une étude détaillée de Desor et Gressly[1], lors de la construction du viaduc de Boudry, dont les fondations reposent sur ces terrains.

A. Jaccard a donné[2] des coupes détaillées, relevées couche par couche, de toutes les assises tertiaires entre l'ancienne falaise de Chanélaz et l'Urgonien du Gor du Communal. Il est difficile, actuellement, de raccorder ces coupes et de les repérer sur le terrain, surtout celle de Desor et Gressly. Nous constaterons toutefois que le Tertiaire des environs de Boudry peut se diviser en trois zones, lesquelles nous semblent correspondre au *Langhien* (Burdigalien) et à l'*Aquitanien*.

En remontant la vallée on trouve, à partir de Chanélaz:

1° Une série de *couches mollassiques*, où prédominent les *grès tendres*. Ces grès sont sans fossiles et atteignent dans leur ensemble une épaisseur de 20 à 30 m. Nous sommes portés à y voir la base du *Langhien*.

[1] *Bull. soc. neuch.*, IV, 1858, p. 440-449.
[2] *Mat. carte géol.*, livr. VI, 1869, p. 49-51.

Digitized by Google

2° Un complexe de *couches marneuses* souvent bariolées, interrompues par des *lits de grès* et de *calcaire d'eau douce*, gris ou bruns, fétides au choc (Pierre à chien), contenant souvent une multitude d'empreintes vides de *Planorbes*, de *Limnées* et plus rarement de *Helix*. Quelquefois ces mollusques ont, au contraire, conservé leur coquille d'une couleur noire ou gris foncé. L'ensemble de cette formation peut être évalué à 45 m. Sans un relevé détaillé, qui nécessiterait des fouilles pour relier la série visible en aval de Boudry à celle qui se voit en amont, vis-à-vis de la Fabrique, on ne saurait en fixer l'épaisseur exacte. Cet ensemble correspond certainement à l'*Aquitanien supérieur*, ou *Mollasse à bancs calcaires de* JACCARD, soit à la mollasse de Rochette près Lausanne.

3° Enfin, une *zone inférieure*, visible en partie aux abords du viaduc de Boudry; elle se distingue par une prédominance des *bancs de calcaire limnal*, blanc ou gris, peu ou point fétide au choc, avec *Helix*, *Planorbes* et *Limnées*, interrompus par quelques *couches de marnes calcaires ou sableuses*. Son épaisseur atteint au total 18 m.

Des *marnes rouges* et *bariolées*, d'une épaisseur de 5 m. environ, la séparent de l'Urgonien. Cet ensemble appartient à l'*Aquitanien inférieur*, équivalant à la Mollasse rouge.

En résumé, nous pouvons distinguer aux environs de Boudry :

3. LANGHIEN. Mollasse sableuse en gros bancs	20 à 25 m.
2. AQUITANIEN SUPÉRIEUR. Marnes bariolées, avec intercalations de grès tendres et calcaires limnaux fétides avec *Planorbes*	45 m.
1. AQUITANIEN INFÉRIEUR. Gros bancs de calcaires limnaux non fétides à *Helix Ramondi* et calcaires marneux intercalés	18 m.
Marnes rouges et bariolées	5 m.

Sur le plateau de Perreux, le calcaire d'eau douce en gros bancs a été rencontré dans les vignes et affleure sur le chemin des Métairies.

Faune de l'Aquitanien de Boudry.

Nous avons recueilli et déterminé tout ce que nous avons pu de fossiles, provenant de ces diverses couches, cette étude n'ayant pas encore été faite jusqu'ici. Voici ce que nous avons constaté :

Digitized by Google

Les marnes de l'Aquitanien supérieur, visibles en aval de Boudry, sont interrompues sur le chemin des Rochettes, conduisant sur le plateau de Cortaillod (angle SE de la carte), par deux bancs de *calcaire d'eau douce*, gris-brun. Ce sont probablement les bancs *e* et *h* de la coupe de Jaccard. Le banc inférieur, épais de 25 à 30 cm., est rempli de fossiles à l'état d'empreintes vides. La roche en paraît vacuolaire. Ces empreintes se laissent mouler avec du gypse et permettent d'assez bonnes déterminations. Nous avons reconnu:

Helix Moroguesi, Brongn. — 1 échant.
Limnaea pachygaster, Thomae. — 1 échant.
Planorbis dealbatus, A. Braun. — cc.
Pupa sp. (sans embouchure). — 2 échant.

Derrière la maison Martenet, à l'angle des routes qui mènent l'une à la Fabrique, l'autre à la gare, se trouve une exploitation d'argile dans laquelle on voit, au haut de la coupe, un banc de calcaire limnal, brun, assez marneux et sableux. Il contient de rares coquilles à test brun ou noir et des débris nombreux de tests brisés. C'est probablement le banc *ee* de la coupe de Jaccard. Nous avons pu déterminer:

Planorbis dealbatus, A. Braun. — cc.
Helix Moroguesi, Brongn. — 3 échant.
Helix Ramondi, Brongn. — 1 échant.

Dans la coupe que présente la falaise opposée à la Fabrique, Jaccard indique une couche *z* avec *Planorbes* et *Néritines*. En effet, dans sa collection, conservée à l'Académie de Neuchâtel, quelques fossiles portent l'indication Boudry, et doivent provenir de ce banc.

Les Néritines sont particulièrement nombreuses dans un lit marno-calcaire sableux gris. Nous avons pu en isoler quelques-unes et étudier leur péristome. La même roche renferme aussi des *Limnées*. Nous n'avons, par contre, pas pu retrouver les *Planorbes* cités dans la coupe. Voici la liste des espèces qui ont été en partie déterminées par Maillard :

Limnaea subbullata, Sandb. — 3 échant.
» bullata, Klein. — 8 échant.
Neritina Ferrussaci, May-Eym. — Une dizaine d'exemplaires sur un fragment de marne.

La zone des *gros bancs de calcaire d'eau douce* qui s'étend sur les deux berges aux abords du viaduc n'est guère visible que dans sa partie supérieure, qui forme corniche au-dessus

Digitized by Google

des vignes. Ce banc saillant, épais de 4 m., surmonte une zone marno-calcaire délitable, visible actuellement sur 5 à 6 mètres. Quant aux *marnes bariolées* et au second massif de *calcaire avec lits marneux*, indiqués par DESOR et GRESSLY, nous ne les avons jamais pu observer [1].

Le banc calcaire de la corniche supérieure renferme surtout *Helix Ramondi* et quelques autres espèces, tandis que la zone marno-calcaire, très gélive, qui vient au-dessous, est surtout riche en *Planorbes* et *Limnées*, mais elle ne manque pas non plus de *Helix*. Desor et Gressly indiquent des *Physes*, ce qui nous paraît douteux; nous n'avons jamais recueilli de coquilles enroulées à gauche.

Voici les espèces que nous avons constatées dans le matériel recueilli par nous et dans la collection Jaccard :

Helix Ramondi, Brongn. — cc.
» rugulosa, Mart. — r.
» cadurcensis, Noulet. — c.
» subtilisticta, Sandb. — rr.
» lapicidella, Thomae. — rr.
» Munieri, Desh. — r.
Planorbis cornu, Brongn. — c.
Limnaea pachygaster, Thomae. — r.
» aff. subovata, Hartm.-juv. — cc.

Cette dernière espèce, dont nous avons plus de cinquante exemplaires, a été déterminée par Maillard, dans la collection Jaccard, en partie comme *L. peregrina*, Sandb. Cependant, Maillard ne la mentionne pas dans sa monographie des mollusques tertiaires fluviatiles et terrestres de la Suisse. Nous avons longtemps hésité à l'attribuer au *L. girondica*, Noulet, dont elle n'a cependant pas la forme effilée et l'angle spiral aigu. Nous ne sommes pas plus en mesure de l'identifier à aucune espèce décrite de même taille. Il ne saurait être question d'en faire une espèce nouvelle ; nous sommes donc réduits, vu la petite taille de la plupart des échantillons, à la considérer comme la forme juvénile du *Limnaea subovata*, Hartm., qui est beaucoup plus grand, mais dont les premiers tours ont bien le même angle spiral et le même accroissement.

Nous ne connaissons aucun fossile végétal de ces gisements.

Tertiaire du synclinal Rochefort-Les Œuillons.

Il correspond par sa composition à celui de l'Aquitanien supérieur de Boudry. Les grands bancs calcaires de la base

[1] Cette section de la coupe de Desor et Gressly a été relevée dans les puits de fondation du viaduc.

Digitized by Google

y font entièrement défaut, bien qu'au Val de Ruz un sondage pratiqué près de Chésard ait atteint cette formation, reposant sur des marnes bariolées de rouge et de gris.

On a pu voir à la suite des glissements qui se sont produits aux Lanvoennes des coupes assez complètes de ces couches. Dans le bas, sont des marnes gris-verdâtres avec veines remplies de gypse fibreux et plus haut avec des bancs peu épais de calcaire fétide.

M. Maur. de Tribolet a fait de ce gisement une étude spéciale et donné une coupe des couches visibles[1]. Il signale en particulier un calcaire lumachellique, intercalé au milieu d'un banc de mollasse à grain fin gris-verdâtre et qui lui a fourni neuf espèces de mollusques tant terrestres que d'eau douce, marquant tous l'étage *aquitanien*.

Le tertiaire forme une longue zone passant de la Joux brûlée, par le Pré d'Agréda, jusqu'à environ 500 m. en amont du Champ du Moulin, toujours sur le flanc SE de la gorge. Il est bien probable que sans les érosions de l'Areuse qui ont déterminé les glissements du pied des Lanvoennes, ce terrain serait resté encore longtemps ignoré dans cette région boisée et couverte d'éboulis.

Plateau des Ponts. — L'angle SE de ce vaste synclinal empiète sur notre carte. Il est certain que son sous-sol est formé de terrains tertiaires, mais nous n'en avons vu nulle part d'affleurements bien sûrs. Sous la tourbe se trouve toujours de la marne blanche et de l'argile glaciaire, sur 4-5 m. d'épaisseur et plus. Cette argile et les sables qui l'accompagnent sont toutefois dus bien certainement au remaniement des dépôts tertiaires.

Les Miocènes moyen et supérieur (Helvétien et Œningien) font défaut dans la région des Gorges, sauf l'Helvétien dans le synclinal des Ponts.

TERRAINS QUATERNAIRES

(Néogène supérieur.)

A. TERRAINS GLACIAIRES

(Pliocène et Plistocène ancien.)

L'étude de L. du Pasquier[2] sur le *Glaciaire du Val de Travers* nous dispense de traiter longuement ce sujet qui

[1] *Bull. neuch.* XIII, 1883, 268-77.
[2] *Bull. neuch.* XXII, 1894, 3-32.

Digitized by Google

d'ailleurs ne présente qu'un intérêt secondaire, en raison du cadre restreint de notre carte.

Glaciaire alpin. — On sait que le glacier du Rhône durant sa dernière extension a pénétré dans le Val de Travers en remontant les Gorges de l'Areuse et en transportant des blocs erratiques alpins jusque dans le voisinage des Bayards à 923 m. d'altitude, tandis que sur le flanc du Jura à l'entrée des Gorges au-dessus de Boudry, son altitude devait être de 1180 m. Il n'avait donc qu'une faible pente, ce qui résulte évidemment des nombreux affluents venus de l'intérieur du Jura, vers la dépression du Val de Travers.

C'est à cette dernière extension du glacier qu'il faut attribuer la formation des nappes de moraine argileuse à galets striés qui occupent le sous-sol du plateau de Perreux, ou qui sont appliquées contre le flanc du Jura, ou encore qui occupent le fond des Gorges de l'Areuse, notamment à la combe de la Verrière, à la Petite Joux, et sur le flanc N du vallon de Noiraigue.

La dernière glaciation n'a pas dépassé, dans le défilé de la Clusette, l'attitude de 980 m. On sait qu'elle fut précédée d'une autre époque de glaciation d'extension bien plus considérable et qui a transporté des galets et des blocs alpins jusque dans les hautes vallées du Jura à des altitudes atteignant 1400 m.

Notre carte indique la situation de la plupart des blocs erratiques remarquables subsistant encore. La commune de Noiraigue a exploité, vers 1860, l'amas de blocs de Derrière-Chéseaux, le plus formidable sans doute qui ait existé dans tout le Jura. Les travaux d'endiguement de l'Areuse et la construction des usines hydro-électriques ont encore fait disparaître plusieurs milliers de mètres cubes de granite. Sur les instances de la Société neuchâteloise des sciences naturelles, la commune de Boudry a bien voulu décréter l'inviolabilité de dix des plus beaux blocs situés sur son territoire. Le plus volumineux (Granite de Vert : Bl. N° 1) mesure 204 m^3. Ce sont tous des blocs de protogine de la chaîne du Mont-Blanc. On rencontre aussi dans la région des blocs de schistes verts, d'arkésine, etc. La plupart de ceux qui sont rassemblés dans le voisinage du thalweg ne sont sans doute pas dans la situation où le glacier les a déposés ; ils auront roulé sur les pentes.

Mentionnons encore la puissante moraine latérale que le glacier du Rhône a déposée entre 800 et 900 m. au N de

Digitized by Google

Rochefort et dont la formation s'explique par le brusque abaissement de niveau, dû à l'importante dérivation qui s'engageait dans le Val de Travers.

De vastes dépôts alpins, avec blocs erratiques nombreux, s'étalent encore sur le flanc sud de la Montagne de Boudry.

Au pied du coteau de la Petite Joux, on peut voir la moraine à galets striés reposant sur de l'argile feuilletée qui, à son tour, recouvre la moraine de fond. Cette moraine de fond, dont l'altitude atteignait 800 m. au moins, s'étendait uniformément sur toute la vallée, puisqu'on en retrouve des vestiges jusqu'au delà de Rosières.

On devrait s'attendre à trouver sur les deux flancs du Val de Travers une importante moraine latérale alpine. Elle n'est cependant que faiblement indiquée, soit qu'elle ait été enlevée par l'érosion au moment de la fusion, soit que les glaciers jurassiens aient contrarié sa formation. Aux époques de grande extension, toute la surface du glacier du Val de Travers était collectrice et se renouvelait constamment par l'appoint des névés jurassiens. Le glacier se chargeait surtout de matériaux superficiels et internes. On comprend donc que la moraine de fond ait atteint un si grand développement, sous forme d'*argile glaciaire* à galets striés, tant alpins que jurassiens, en proportions variables, ou sous forme d'*argile feuilletée*, renfermant localement aussi quelques galets striés et polis. La formation de cette argile feuilletée (Bänderthon) est intimément liée à celle de l'argile à galets polis et striés. Il faut y voir un faciès de la moraine de fond, dans lequel les galets font presque défaut et qui présente une stratification due à l'alternance mille fois répétée de feuillets argileux et plus ou moins limoneux.

Ces argiles doivent s'être formées dans des dépressions que le glacier ne comblait pas jusqu'au fond et dans lesquelles le limon se déposait assez uniformément sous l'influence des crues et des décrues des eaux de fusion. C'est de cette façon qu'il faut s'expliquer l'existence de l'argile feuilletée de la rive droite de l'Areuse entre Noiraigue et le Saut de Brot et peut-être aussi de celle qui occupe le fond du valion du Champ du Moulin. On a tenté d'en attribuer l'origine à un barrage morainique, ou à un barrage formé par le front du glacier lui-même. Ces théories ne nous paraissent guère admissibles. En effet, ces dépôts argileux sont en relation trop étroite avec la moraine de fond, et de plus, si l'on avait affaire à un dépôt de barrage, on y trouverait quelques restes orga-

Digitized by Google

niques, ce qui n'a pas encore été le cas jusqu'ici. Les dépôts torrentiels y font également défaut.

La moraine argileuse à galets et l'argile feuilletée forment sans doute la grande masse du remplissage de la plaine de Noiraigue et du Val de Travers ; le comblement lacustre n'est que superficiel.

Glaciaire jurassien ou local. — Aux époques de grande extension, les glaciers du Jura mélangeaient leurs matériaux à ceux des glaciers alpins. Le retrait de ceux-ci n'a pas amené la disparition immédiate de ceux-là. Au contraire les glaciers jurassiens ont pu alors s'étendre et s'écouler dans les vallées débarrassées du glacier alpin qui les refoulait. Celui du Val de Travers est venu s'étaler sur le plateau de Perreux et dans la région de Bôle-Colombier, où toute une série de collines attestent l'existence de cette phase particulière. Celle-ci n'a duré que le temps qu'il a fallu au glacier du Rhône pour se retirer. Le glacier du Val de Travers a ensuite rétrogradé et ses divers tributaires se sont individualisés.

A cette phase de forte fusion des glaces jurassiennes se rapportent les dépôts de graviers stratifiés à structure de *delta immergé* qui se suivent de Chanélaz à Cortaillod en formant le bord antérieur du plateau de Perreux. Dans la zone la plus rapprochée du lac, ces dépôts sont formés de matériaux de plus en plus fins, en couches moins inclinées, et prennent un caractère franchement lacustre. Ils datent sans doute de l'époque où le lac de Neuchâtel était d'au moins 40 m. plus élevé qu'aujourd'hui, par l'effet du barrage morainique de Wangen (Soleure). L'embouchure du torrent (Areuse post-glaciaire) qui a formé ce delta devait se trouver à Cortaillod. Le Dr Vouga [1] explique la présence de ces graviers en admettant l'existence d'un lac, dû au barrage du glacier du Rhône devant l'entrée des Gorges de l'Areuse. Cette hypothèse ne nous paraît pas s'accorder avec l'aspect décrit ci-dessus.

On peut distinguer les glaciers locaux suivants :

1° *Glacier de Prépunel* qui a déposé une moraine latérale très nette du côté E; elle contient fort peu de matériaux alpins. Sa moraine frontale qui devait exister au bas de la Combe des Chaumes, ainsi que la moraine latérale W, ont

[1] *Bull. Soc. neuch.* VII, 1866, 250.

Digitized by Google

disparu avec l'éboulement qui a formé le barrage de la Verrière-Champ du Moulin dont il sera question plus loin.

2° *Le dépôt morainique stratifié de la Ravière*, entre Brot-dessous et le Plan de l'Eau, est probablement un cône de déjection dû à la fusion d'un petit glacier local, ayant existé au pied du Solmont entre Montauban et La Gouilla. Il est composé de graviers jurassiens et alpins mélangés et stratifiés dans le sens de la pente. Du Pasquier tend à l'attribuer à la formation simultanée d'éboulis locaux se mélangeant avec les matériaux alpins, ce qui revient plus ou moins au même, puisqu'en ce moment le coteau du Solmont devait être occupé par un névé jurassien.

3° *Glacier du Creux du Van.* Cette excavation en forme d'hémicirque, aux parois abruptes formées de bancs verticaux au N et presque horizontaux au S et à l'W, a l'aspect d'un *kahr* tout à fait typique. Or, on admet aujourd'hui que les kahrs sont le produit de l'érosion glaciaire et que ces cavités marquent le niveau de la limite des neiges, lors du retrait des glaciers. L'excavation située au pied du Crêt de la Chaille sur Bevaix, est aussi un exemple en miniature de ce genre de formations. Il est certain, en tout cas, que le Creux du Van a recélé un petit glacier, après le retrait de celui du Rhône et que pendant le séjour d'un émissaire de celui-ci dans le Val de Travers, il lui fournissait un certain appoint de glace. La situation de cette excavation sur le versant opposé au soleil, à l'altitude de 1000-1200 m., a dû permettre le séjour prolongé de la neige sur son fond. Aujourd'hui encore, celle-ci ne disparaît que fort tard dans l'année et la source de la Fontaine froide, qui jaillit à 1148 m., n'a que 4° de température en moyenne. Il existe d'ailleurs une *digue morainique* au SE de la Ferme Robert qui ne peut être autre chose qu'une moraine latérale. Du Pasquier [1] a également examiné cette possibilité et reconnu la grande ressemblance de cette colline avec une moraine ; mais il estime que le vaste dépôt de blocs qui s'étale avec environ 800 m. de largeur sur la moraine alpine, entre le Châble de l'eau et la Petite Joux, est dû à un éboulement tombé de la paroi N du Creux du Van. Il attribue alors la petite digue à un déferlement du courant de l'éboulement qui aurait été rejeté au NE, après avoir rebondi contre le rocher opposé, situé sur la carte près du mot Van (Creux du Van). Il croit même avoir constaté sur ce rocher des traces d'usure.

[1] *Loc. cit.*

Digitized by Google

Il est certain que la possibilité d'un éboulement tombé de la paroi N du Creux du Van ne peut être niée d'emblée, en raison même de la situation instable que devaient présenter les bancs verticaux de ce flanc du Dos d'Ane. Mais il n'en est pas moins certain que le caractère de cette excavation et son altitude la désignent comme ayant servi de réceptacle à un glacier, longtemps encore après le retrait de celui du Rhône. Si l'existence d'un éboulement était prouvée, cela ne permettrait pas de lui attribuer tout l'amas de débris qui gît entre la Ferme Robert et le Saut de Brot et de nier ainsi l'influence d'un glacier local, car la niche d'arrachement de l'éboulement présumé ne représente qu'un volume bien inférieur à celui des matériaux qui jonchent le sol.

Nous avions tout d'abord admis sans discussion la théorie de Du Pasquier. Mais nous avons constaté dès lors que le fond du Creux du Van et toute la zone du thalweg, jusqu'à la Ferme Robert, étaient relativement pauvres en matériel détritique. A la Fontaine froide l'Argovien en place est à fleur du sol. Cette circonstance parle complètement en faveur de l'hypothèse du déblaiement par un glacier local, puisque c'est ainsi qu'agissent ceux des kahrs. Nous pensons donc aujourd'hui que l'amas détritique triangulaire, sans aucune parcelle de matériel alpin, qui s'étend de la Ferme Robert à l'Areuse, n'est autre chose qu'un magnifique champ morainique jurassien, constitué par toute une série de moraines frontales dues au glacier du Creux du Van, qu'une situation exceptionnellement favorable à longtemps protégé contre l'extinction. La configuration bosselée de cet amas ressemble beaucoup à celle des moraines frontales de glaciers locaux, à oscillations rapides, que nous avons eu l'occasion de voir dans les Préalpes romandes. Le matériel jurassien est superposé à la moraine alpine, qui, grâce à sa nature argileuse, glisse peu à peu vers la rivière en charriant sa couverture détritique. Celle-ci s'est donc déplacée depuis l'époque de sa formation.

Il n'y a donc, au fond, pas lieu de modifier le dessin de la carte que nous avions établi étant encore sous l'empire de la théorie de Du Pasquier, et cela d'autant moins que les moraines frontales se forment, non seulement par l'action directe du glacier, mais aussi par les éboulements tombant des parois rocheuses qui le dominent.

4. *Glacier des Ponts.* La vallée des Ponts et de la Sagne a dû être occupée durant toute la dernière glaciation, — qui ne l'a pas atteinte, — et encore longtemps après, par une

Digitized by Google

vaste nappe de glace, dont les émissaires allaient alimenter le glacier du Val de Travers et dont les eaux de fusion se sont créé plus tard des voies souterraines à travers les fissures préexistantes du rocher. Le séjour presque ininterrompu des glaces dans ce synclinal est attesté par l'énorme épaisseur des amas de sable, d'argile et de marne à galets qui en recouvrent le fond. La carte ne représente que le bord de ce plateau à l'E de Combe Varin. Vers le milieu de la vallée les dépôts sont essentiellement argileux et sableux; sur les bords prédominent des amas de graviers et de blocs avec rares galets alpins de l'avant-dernière glaciation. (La carte indique ici beaucoup trop de points rouges; le matériel alpin ne constitue pas même le 5 % du total.)

B. TERRAINS D'ALLUVION

(Plistocène récent et Holocène.)

Alluvions fluviales et lacustres.

Dans le périmètre de la carte, trois régions d'alluvions fluviales et lacustres sont bien développées; ce sont: la plaine en aval de Boudry, la plaine du Champ du Moulin et celle de Noiraigue.

Environs de Boudry. — Les dépôts fluvio-lacustres de Boudry font partie du delta actuel de l'Areuse qui constitue la plaine des Planches et des Prés d'Areuse, située entièrement en dehors de notre carte. La largeur du thalweg de la vallée d'érosion entre Chanélaz et le viaduc du chemin de fer n'est pas très considérable, et malgré la superficie relativement grande du remplissage d'alluvion qui s'y trouve, il n'est pas permis de supposer le thalweg primitif plus bas que le niveau du lac, comme on pourrait en être tenté. En effet, le delta de l'Areuse s'étant avancé de 1 km. 500 dans le lac, à partir de l'ancienne embouchure, qui devait se trouver près de Bel-Air, il en est résulté une diminution de la pente moyenne du cours d'eau, qui n'est plus que de 12 m. entre le viaduc et l'embouchure actuelle. Avant la formation du delta, ces 12 m. étaient répartis sur une longueur de 2 kilomètres 500, aujourd'hui sur 4 km. L'emplacement de l'ancienne embouchure de Bel-Air est à 441 m. d'altitude, donc à 6 m. au-dessus du niveau du lac[1]. C'est donc une épaisseur

[1] Par rapport à l'ancienne cote du lac de Neuchâtel, telle qu'elle était avant l'abaissement des eaux du Jura (435 m.).

Digitized by Google

d'alluvion de 6 m. au maximum qui a dû se déposer sur le fond de la vallée d'érosion en amont de l'ancienne embouchure, épaisseur allant en décroissant jusqu'à l'entrée de la gorge rocheuse sous le viaduc.

Champ du Moulin. — Cette plaine d'alluvion, longue d'environ 2 km., doit son existence au barrage de la Verrière, où l'éboulement de Prépunel a empêché l'érosion du remplissage erratique de la vallée préglaciaire, formée ici, comme nous l'avons vu, d'argile feuilletée. Sur cette argile feuilletée et sur les autres dépôts glaciaires, repose la formation sableuse d'alluvion avec feuilles de *hêtre, aiguilles de sapin*, etc., associées à des coquilles limnales (*Pisidium*) et terrestres (*Helix*), dont M. DE TRIBOLET[1] a publié la description. Il place la formation de ce dépôt à la fin ou immédiatement après l'époque glaciaire, en le reliant au phénomène qui a créé l'argile feuilletée. Les constations qui précèdent (voir p. 437 et suivantes) ne nous permettent pas de nous rallier à cette opinion. La présence de feuilles de hêtre, de bois flotté, etc., indique nettement que le glacier se trouvait à une assez grande distance du Champ du Moulin, où il n'existe au surplus pas trace de moraine frontale. Celle qui forme le sommet de la combe de la Verrière est de la moraine locale reposant sur de la moraine profonde, argileuse du glacier du Rhône. Il nous paraît plutôt probable que le lac du Champ du Moulin est *postérieur au retrait du glacier du Rhône*, postérieur aussi à la disparition du glacier local qui est descendu par les gorges jusqu'à Boudry. Il date de l'époque où l'Areuse avait de nouveau approfondi son lit à peu près jusqu'au niveau actuel et commencé à creuser la gorge latérale de Cuchemanteau, en provoquant les glissements du pied des Lanvoennes. *C'est un de ces glissements qui doit avoir barré le lit momentanément et inondé la vallée du Champ du Moulin*. Le lac temporaire s'est desséché par l'alluvionnement et par le creusage du lit de la rivière sur l'emplacement du barrage d'éboulement. La nature du dépôt, sa faible cohésion et la présence de nombreux tubules dus à la concrétion du carbonate de chaux autour des racines de végétaux, le prouvent et montrent en même temps la différence fondamentale de ce dépôt d'avec l'argile feuilletée. Les débris glaciaires, blocs erratiques, etc., que l'on trouve à sa surface sont le fait de glissements et de remaniements.

[1] *Bull. soc. neuch.*, XIII, 1883, p. 268.

Digitized by Google

Plaine de Noiraigue. — Nous avons vu que l'origine des matériaux jurassiens étalés au N de la Ferme Robert jusqu'à l'Areuse est discutable. Il n'en est pas moins exact que leur masse, en s'ajoutant à la moraine alpine et en la protégeant, a contribué à la formation de la puissante digue qui a retenu les eaux du Val de Travers. La hauteur de cette dernière peut être fixée par l'altitude maximum qu'ont atteint à Couvet, à Môtiers et à Fleurier les deltas formés sous l'eau, altitude qui est de 800 m. et dépasse ainsi de 80 m. celle de l'Areuse au Furcil. L'abaissement progressif du lac du Val de Travers est attesté par plusieurs niveaux de terrasses visibles sur le cône de déjection du Sucre à Couvet. Le lac e disparu par l'érosion du barrage. Il n'est pas impossible qu'il se soit régénéré à diverses reprises au cours des temps plistocènes par le fait de nouveaux éboulements et glissements.

Les canaux de drainage creusés récemment dans le marais de Noiraigue ont permis de reconnaître la composition des couches superficielles du remplissage lacustre. Sous la tourbe, peu épaisse, on observe un limon blanc semblable à la craie lacustre, et dans lequel sont enfouis d'innombrables mollusques d'eau douce. Nous y avons reconnu :

Valvata piscinalis, Müll.
Bythinia tentaculata, L.
Limnaea auricularia, L.
» glutinosa, Müll.
Limnaea stagnalis, L.
Planorbis complanatus, L.
Cyclas corneus, L.

Eboulis récents.

La présence de talus d'éboulis récents est un des traits caractéristiques de notre région, et leur extension considérable ne ressort que trop clairement de la carte géologique. Nous n'avons pas grand'chose à en dire, puisque ces formations ont partout le même aspect et la même origine: le délitement lent et graduel des escarpements. On admire surtout la régularité du superbe cirque d'éboulement du Creux du Van, puis le talus non moins régulier et continu qui contourne la combe de Prépunel. Ici, comme au Creux du Van, le milieu de l'hémicirque a été déblayé par le glacier local.

Tuf.

Quelques dépôts de tuf se voient dans le voisinage de diverses sources. Sous la Prise de Pierre plusieurs petites sources ont formé un talus de tuf sur le seuil de la Baume

Digitized by Google

du Four. Un dépôt plus important se remarque sur la presqu'île contournée par l'Areuse au Saut de la Verrière. Ce contour est d'ailleurs artificiel; il date de 1868 et résulte d'un relèvement du niveau de la rivière dont les affouillements faisaient glisser le coteau et le tunnel de la Verrière. Auparavant, la rivière coulait au pied de la corniche de tuf et le Saut de la Verrière existait à la sortie de la gorge de Cuchemanteau, sur le calcaire hauterivien, tandis que la dérivation artificielle l'a transporté sur le calcaire portlandien. L'ancien lit s'est alors comblé d'alluvions et une forte source, dite source du Forestier, qui jaillissait sur la rive *gauche* de l'Areuse s'est trouvée ainsi reportée sur la rive *droite*. C'est sans doute à l'eau de cette source, qui pousse de bas en haut dans l'ancien lit de l'Areuse, qu'il faut attribuer le dépôt du tuf.

Tourbe.

Nous n'avons à mentionner que la tourbe de la plaine des Sagnes, près Noiraigue, et celle de la vallée des Ponts, près de Combe Varin. La première n'a fait l'objet que d'exploitations rudimentaires et la seconde est suffisamment connue.

IIe PARTIE. — TECTONIQUE, OROGRAPHIE, HYDROLOGIE

A. *Tectonique.*

La carte et les profils géologiques nous permettront d'abréger cette description tectonique. Nous avons vu dans l'introduction comment l'étude de la région des Gorges de l'Areuse a conduit à cette constatation que les chaînes de montagne qui l'encadrent forment deux plis anticlinaux séparés par un synclinal écrasé. La voûte de la Chaîne du Lac ou Montagne de Boudry au SE, présente un dos large et surbaissé dont le pied-droit NW plonge rapidement du côté du synclinal, puis se renverse et se complique d'un pli-faille que l'on poursuit du château de Rochefort jusqu'au fond du Val de Travers. (Voir les profils Pl. 13, 14 et 15.)

L'anticlinal du Solmont n'est pas non plus régulier. Le flanc SE plonge verticalement vers le synclinal, en se renversant même légèrement. Le flanc NW présente une même inclinaison sur 250 m. environ, puis il plonge de 20 à 25 degrés vers la vallée des Ponts. Ces deux flancs verticaux, situés à des altitudes différentes, sont alors raccordés par un plan in-

Digitized by Google

cliné de 30 à 35 degrés au SE. (Voir profil 3, Pl. 13.) Cela montre une fois de plus que les plis du Jura n'ont pas la forme régulière qu'on leur a longtemps attribuée. (Voir Cl. 27.)

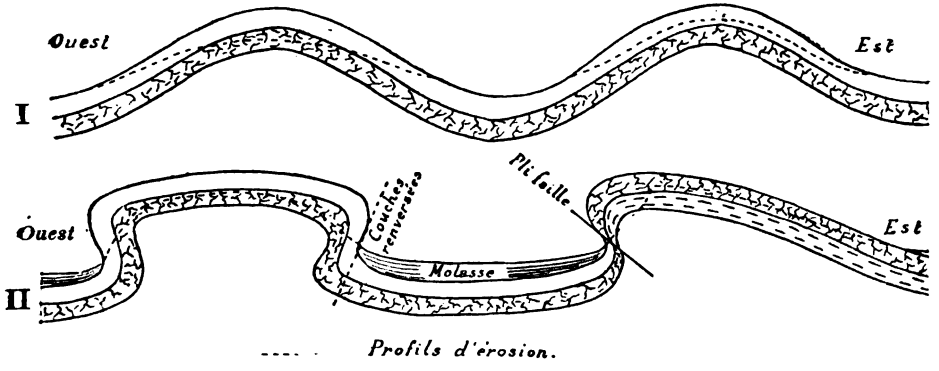
Voûte de la Chaîne du Lac. Ce pli présente une calotte supérieure surbaissée, formée de Kimeridgien, constituant tout le plateau du Creux du Van et de la Montagne de Boudry. Près du Soliat seulement apparaît une inflexion brusque, sorte de repli monoclinal bien dessiné sur la paroi du Creux du Van. (Voir profil 1, Pl. 13.) La courbure aiguë décrite par ce revêtement calcaire pour plonger au NW, fait que de ce côté l'anticlinal est entr'ouvert dès le Creux du Van jusqu'à Combe Garot et laisse surgir l'Argovien et même, en deux points, le Callovien (Dalle nacrée), entourés de Séquanien. L'axe du pli, qui est à peu près horizontal au Creux du Van, commence à s'abaisser dans la région de Treymont, où perce encore la Dalle nacrée, très écrasée et disloquée ; puis il plonge subitement au NE, si bien qu'à l'endroit où la rivière le coupe transversalement, l'Argovien n'apparaît presque plus sur la rive gauche. Sur la rive droite, ce terrain forme le fond de la Combe Garot qui, pareille à un couloir, s'élève jusqu'au pré de Treymont. Le plongement de l'axe de l'anticlinal est ici de près de 70 %. Sur une longueur de 2 km., l'abaissement total de l'axe du pli est d'au moins de 500 m. Sur la Montagne de Boudry, à la cote 1200 m., le Kimeridgien couronne encore l'arête, tandis qu'au château de Rochefort (833 m.), c'est le Portlandien qui forme la clef de voûte.

Le **pli-faille**, qui longe le flanc NW renversé, met en contact le Kimeridgien, le Séquanien, ou même l'Argovien, avec l'un ou l'autre des étages du Néocomien formant le noyau du synclinal. Sur la rive gauche de l'Areuse, à la Combe aux Epines, le contact du Kimeridgien avec l'Urgonien est tangible. (Voir Cl. 25 et 28 et profil 3, Pl. 13.) Plus à l'E, sous la voûte surbaissée de Chassagne, recouverte d'une vaste plaque de Valangien, le contact anormal tend à s'effacer. Il est alors compensé par un pli-faille, ayant joué en sens inverse. Autrement dit, l'anticlinal de la Tourne semble avoir chevauché sur le synclinal de Rochefort, ou bien encore, celui-ci paraît *avoir été poussé au-dessous du premier*. Il est, en effet, hors de doute que le pli renfermant, à Baliset, de l'Albien et du Tertiaire, est le prolongement de l'un des synclinaux de la Combe aux Epines; or, *ce pli est comme arraché par décrochement* de l'alignement de ceux-ci (voir Cl. 26). C'est

Digitized by Google

pour cette raison que, sur la carte, nous avons relié en pointillé les deux contacts anormaux, bien qu'ils soient situés sur les bords opposés du même synclinal. Ils se compensent en tout cas, et l'on doit même admettre que c'est bien le synclinal qui a joué contre l'anticlinal chevauchant, puisqu'il forme comme un *enfoncement* dans le flanc de celui-ci.

Au-dessous de Chambrelien, où le Hauterivien et l'Urgonien viennent se superposer au Valangien de Chassagne, le plongement régulier des bancs est subitement interrompu par un pli monoclinal très net. Le Cl. 28 figure cet accident.



Cl. 27. — I. Allure théorique des plis du Jura.
II. Allure réelle la plus fréquente des plis du Jura.

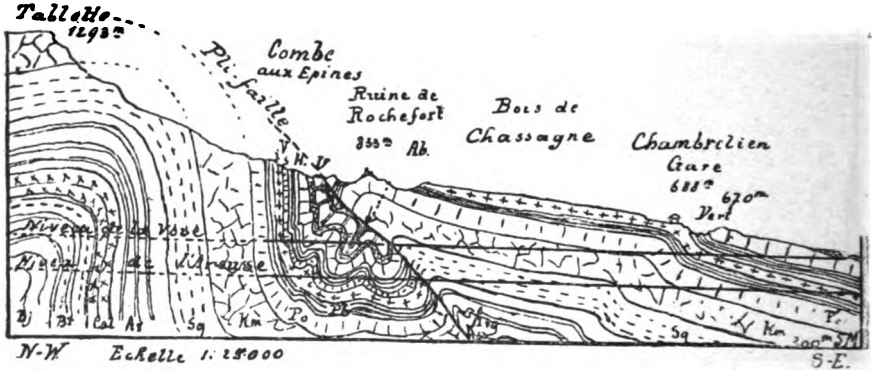
Synclinal Rochefort-Œuillons. Bien qu'il soit complètement recouvert entre le Chable de l'Eau et le Plan, sa continuité est hors de doute et la liaison directe des synclinaux du Val de Ruz et du Val de Travers est ainsi positivement établie.

Dans les profils 1 et 2 (Pl. 13) le fond du synclinal est figuré avec une courbure simple. On peut cependant considérer comme probable qu'il est, compliqué de replis comme à la Combe aux Epines (Pl. 13, fig. 3 et Cl. 25 et 28) ; les profils des Pl. 14 et 15 tiennent compte de cette interprétation. Celle-ci est encore corroborée par la singulière disposition des couches néocomiennes en amont de Combe Garot, où peu après la trace du pli-faille qui met presque en contact le Kimeridgien et l'Urgonien inférieur, on ne distingue pas moins de quatre anticlinaux et quatre synclinaux, dont un avec petit pli-faille; ils sont discernables grâce à la présence de deux couches marneuses avec *Rhynchonella lata*, *a* et *b*, à la base et au sommet de l'Urgonien inférieur. Il est évident qu'au NW du

Digitized by Google

Rocher voûté doit se retrouver un cinquième synclinal. Les bancs sont fortement écrasés, les marnes laminées et le tout parcouru d'innombrables plans de glissement. (Voir Cl. 29.)

Anticlinal Solmont-Tourne. Cet anticlinal suit le fond de la plaine d'alluvion de Noiraigue, qui est creusée exactement sur son emplacement. L'axe du pli s'élève graduellement dans la direction NE; on voit d'abord surgir la Dalle nacrée en forme de demi-coupole avec plongement périversal dans trois directions. Elle constitue la colline du Mont au NE, de Noiraigue. Bientôt apparaissent, sous la Dalle nacrée, les



Cl. 28. — Profil géologique du flanc NE des Gorges de l'Areuse entre la Tourne (Tablette) et Chambrelien.

U = Urgonien. H = Hauterivien. V = Valangien. Pb. = Purbeckien. Po. = Portlandien, etc.

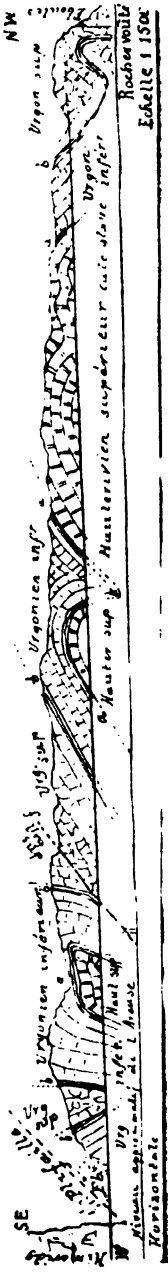
Marnes du Furcil, puis la Grande Oolite, dont l'affleurement ne dépasse pas beaucoup le village de Brot-dessous. Cet anticlinal, grâce aux variations de son profil transversal et aux caprices de l'érosion qui entame plus ou moins son noyau, prend des aspects orographiques fort différents. Le croquis Cl. 30 est destiné à rendre compte de ces variations, dont on saisira encore mieux les raisons en comparant la figure avec celles des Pl. 13 et 14.

Près de Fretereules, la Dalle nacrée, qui venait de se refermer sur la Marne du Furcil, tend à être recouverte par le Spongitien, qui forme une large plaque au-dessous de Brayon, sur le segment de plan incliné que dessine ici le dos de l'anticlinal. Mais bientôt la Dalle nacrée reprend en largeur, et à Prépunel elle laisse percer, par une boutonnière

Digitized by Google

de 600 m. de long, la Marne du Furcil entourée d'éboulis, sauf au NW, où se montre une corniche de Dalle nacrée, surmontée de Spongitien. Au NE, la Dalle nacrée s'enfonce dans le sens de l'axe de la chaîne, comme c'est le cas près de Noiraigue.

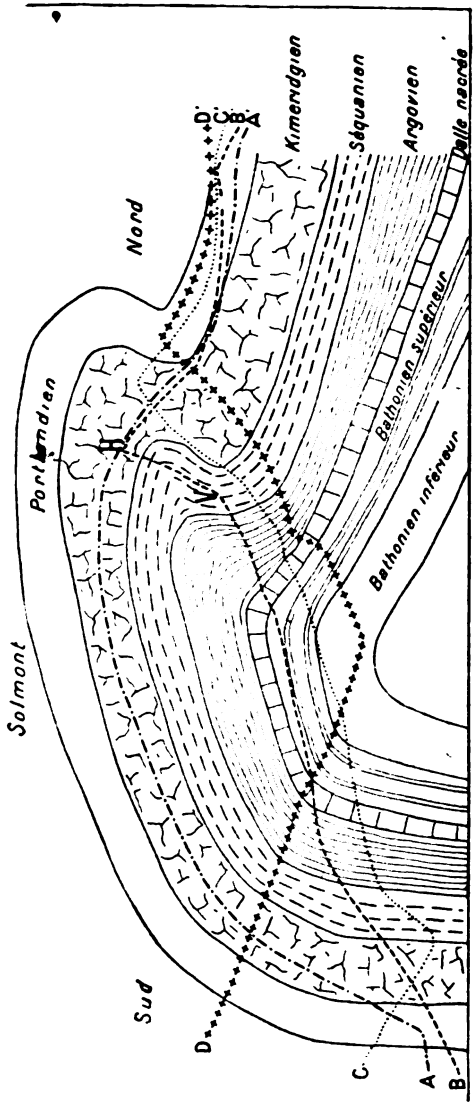
Dans le voisinage de Brot, le noyau bathonien de l'anticlinal est compliqué d'un *accident tectonique* des plus singuliers, dont l'importance serait insoupçonnable, sans les exploitations souterraines du Furcil. Il y a longtemps que nous connaissions la présence d'une lame de *Calcaire roux bathonien*, disloquée et laminée, au Furcil, près de l'entrée des galeries. Nous attribuions sa présence à une petite faille avec *chevauchement latéral*, ayant poussé le flanc redressé de la voûte contre l'anticlinal déjeté et affaissé sur lui-même. Le rejet ne paraissait pas considérable. (Voir profils 2 et 3, Pl. 14 et 15.) Or, en procédant à un relevé détaillé des souterrains du Furcil, l'un de nous fut frappé de voir que *les galeries d'allongement qui se prolongent derrière les bancs de la Grande Oolite, s'éloignent de la rivière, tout en restant dans des couches plongeant au SE, c'est-à-dire contre l'Areuse. Donc, les bancs de Marnes du Furcil forment, dans la direction de Brot (NE), un anticlinal, dont le flanc SE est recouvert par une plaque de Grande Oolite.* (Voir Cl. 22.) Il en résulte que la Grande Oolite, visible le long de la voie, entre le pont de la Baleine et le Plan de l'Eau, et que nous avions considérée comme formant le noyau de la voûte, n'est, en réalité, qu'une *plaque chevauchée* sur les Marnes du Furcil, lesquelles contournent le véritable anticlinal. Cela ne change pas notablement le dessin des limites sur la carte, au moins dans la région du Furcil, où il n'y aurait qu'à ajouter la trace du pli-faille entre la Grande Oolite et les Marnes du Furcil. Il nous paraissait toutefois utile de revoir les environs de Brot-



Cl. 29. — Replis du Néocomien le long du chemin en amont de Combe Garot.

Digitized by Google

dessous, où le dit chevauchement devait sans doute s'éteindre ou peut-être s'accentuer. Or, quelle ne fut pas notre



Cl. 30. — Coupe sommaire de l'anticlinal du Solmont, avec quatre profils d'érosion.

AA'. Profil par la Tourne, l'Arêteau et Roc Coupé.
BB'. Profil par Solmont, Prépunel et Champ du Moulin dessus.
CC'. Profil par Solmont (1284 m.), Brot-dessous et les Places bourgeoises.
DD'. Profil par Solmont (1445 m.), le Furcil et la Petite-Joux.

surprise en constatant que les calcaires qui affleurent au NE de la Gouilla sur Brot, près du carrefour de plusieurs chemins de dévestiture, et que nous avions pris, à cause de leur

Digitized by Google

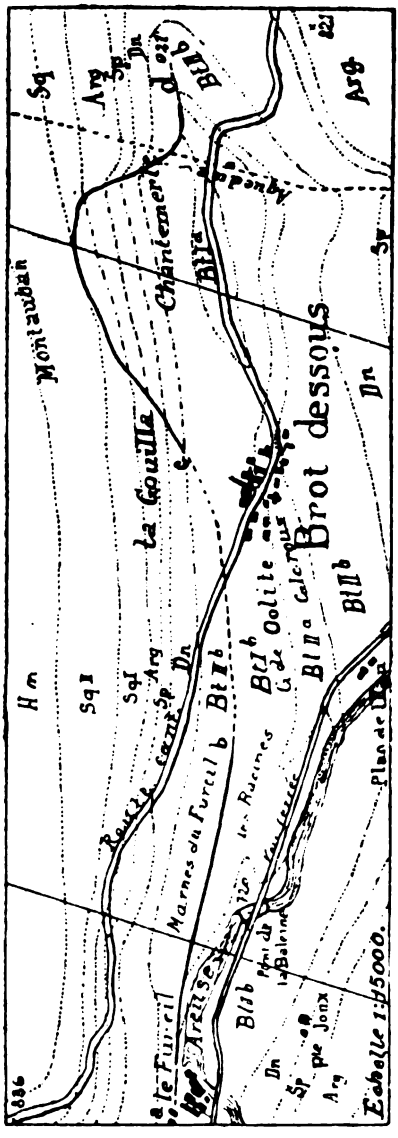
aspect, pour le prolongement du Séquanien visible au NE et au SW, *appartiennent à une vaste plaque qui descend jusque tout près de la route, où elle vient manifestement se superposer aux Couches de Brot.* C'est donc une plaque de Grande Oolite et de Couches de Brot qui, sur une largeur de près de 300 m., chevauche sur l'anticlinal de Solmont. Elle s'élève comme une langue triangulaire dans le bois de Chantemerle, ayant à peine 700 m. de base, car au SW de Brot et au NE du contour de la route, le long du tracé de la conduite ascensionnelle des eaux de la Chaux-de-Fonds, la situation *est absolument normale.* Dans le ravin que parcourt cette conduite on voit fort distinctement la corniche de la plaque de chevauchement passer *sur les Marnes du Furcil, la Dalle nacrée, le Spongitien et l'Argovien, et venir butter contre le Séquanien* (voir Cl. 21, p. 378). Un peu au N de la lettre *e* du mot Chantemerle, on voit, à quelques mètres près, cette plaque de Grande Oolite toucher par sa surface inférieure à la tête des couches de la Dalle nacrée, plongeant au NW. Plus haut, sur le chemin conduisant à Montauban, on passe du Spongitien à la Grande Oolite recouvrante. Celle-ci se termine même par une zone presque horizontale. Au SW, aux approches du village de Brot, on voit nettement le Calcaire roux du Bathonien se superposer à la plaque chevauchée pour s'enfoncer lui-même sous les Marnes du Furcil affleurant au Sud et à l'Est du village. Ces marnes font partie de la zone qui aboutit à l'Areuse au Plan de l'Eau et non de celle du Revers du Furcil qui passe sous la Grande Oolite chevauchée.

Cette disposition, représentée dans les Cl. 21 et 31 et le profil I, Pl. 14, paraît si étrange que nous avons eu de la peine à nous rendre à l'évidence. Mais la situation est trop nette pour qu'il soit possible de douter[1]. Plus au NE, tout paraît de nouveau normal ; la plaque de chevauchement fait entièrement défaut (profil 2, Pl. 13) ; il est possible, néanmoins, que la fissure persiste encore sur une certaine longueur. Sur toute la surface comprise entre Brayon et la carrière ouverte près du contour convexe de la route, la continuité de la Dalle nacrée est indubitable.

[1] Cette structure ressemble beaucoup à celle des chevauchements singuliers décrits par M. Mühlberg dans les cluses de Mümliswyl et d'Oensingen, dans le Jura soleurois (*Eclogæ* III, 1893, Pl. X, prof. 7 et 8). La situation serait même identique si, au lieu d'attribuer le mouvement chevauchant au flanc S E des anticlinaux, on admettait un affaissement du flauc N W, soit du flanc recouvert. Cette hypothèse revient presque à l'opinion récemment émise par M. Steinmann. (*Centralbl.* f. *Min. Geol.* etc., 1902, 481-488.)

Digitized by Google

Ce chevauchement ne peut s'expliquer que *par un affaissement de l'anticlinal, coïncidant avec le plongement rapide de*



Cl. 31. — Croquis du chevauchement entre le Furcil et Brot-dessous.
(Complétant et rectifiant la carte géologique.)

Légende : Km. = Kimeridgien.
Sq. I, II = Séquanien supérieur et inférieur.
Arg. = Argovien supérieur.
Sp. = » inférieur (Spongitien).
Dn. = Dalle nacrée (Callovien).
Bt. II b = Marnes du Furcil
Bt. II a = Calcaire roux marneux } Bathonien sup.
Bt. I b = Grande Oolite.
Bt. I a = Couches de Brot (et sommet du Bajocien) } Bathonien inf.
a ——— b - - - - - - - c ——— d - - - - - - - Parcours du contact anormal par chevauchement (- - - - - - - supposé).
..... Limites des terrains (sans les dépôts morainiques et d'éboulis).
Limites des terrains recouverts par la plaque chevauchée du Bathonien.

l'axe dans la direction de Noiraigue. Il y a sans doute relation entre cet affaissement et les petites failles en gradins

Digitized by Google

dont la trace s'observe dans la galerie la plus septentrionale des exploitations du Furcil, laquelle longe un véritable étranglement des couches. (Voir Cl. 22 et Pl. 14 et 15.)

Signalons encore le *décrochement vertical* qui passe entre Combe Varin et le Haut de la Côte. Il aboutit au NW de Noiraigue, faisant butter le Séquanien contre l'Argovien, tandis que sur la route des Ponts on voit distinctement le contact du Kimeridgien avec les trois étages du Néocomien. Cette faille est sans doute aussi en relation avec l'affaissement de la voûte de Solmont dont nous venons de parler. *Elle détermine également le point d'émergence des eaux souterraines de la Noiraigue.* (Voir la carte géologique.)

B. *Orographie.*

Tandis que le Val de Travers est une vallée synclinale typique, la région des Gorges de l'Areuse présente une configuration bien différente. Le cours de la rivière y est des plus capricieux et la situation du sillon d'érosion au point de vue tectonique mérite une attention spéciale.

Les Gorges de l'Areuse commencent réellement au Vanel. En effet, rétablissons par la pensée la situation telle qu'elle était avant l'époque glaciaire. L'Areuse quittait le vallon synclinal entre le Vanel et le Crêt de l'Anneau, et s'introduisait dans une gorge au fond étroit, dominée par des rochers à pic. La déclivité du sillon jusqu'au lac devait être sensiblement uniforme, et les seuils du Saut de Brot et de la Verrière n'existaient pas.

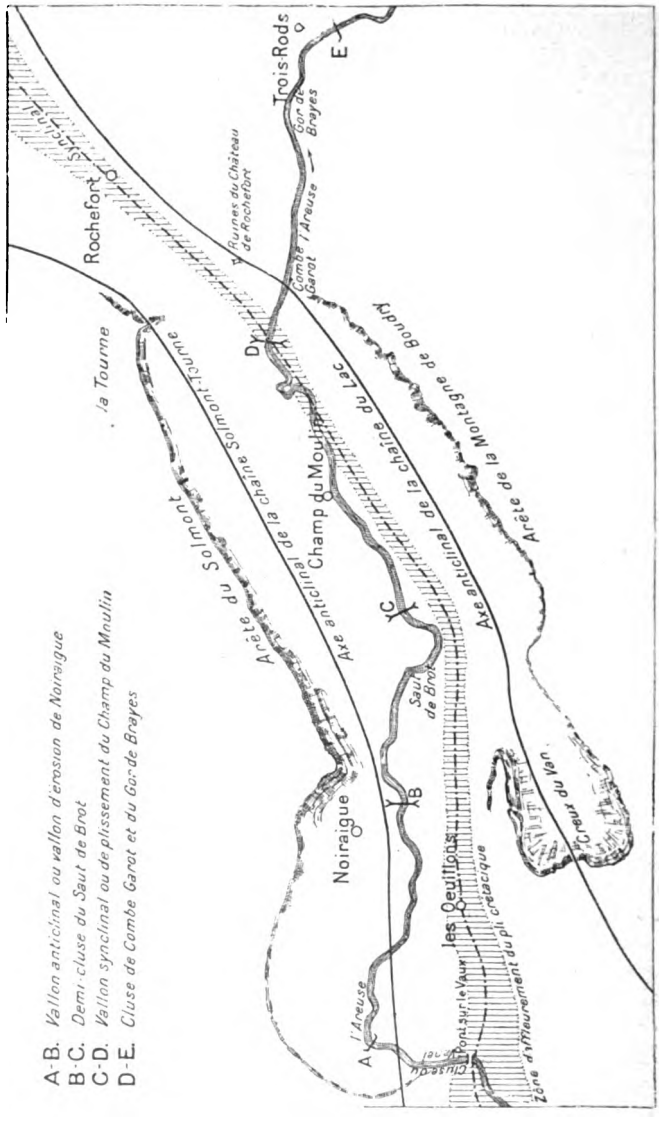
Quelle est la cause qui fit sortir la rivière du synclinal pour l'introduire dans le cœur même de l'anticlinal de Malmont-la Tourne? C'est sans contredit le plongement subit de l'axe de cet anticlinal entre Noiraigue et le Crêt Pellaton sur Travers. Cet enfoncement est en corrélation avec le soulèvement de l'axe synclinal entre Travers et les Œuillons. Il est résulté de cette double circonstance que le dos de l'anticlinal, déjà entr'ouvert probablement par une fissure longitudinale, offrit à la rivière un passage plus facile que le thalweg du synclinal écrasé. Plus loin, le phénomène inverse se produit, le *synclinal s'enfonce vers le Champ du Moulin* et la rivière peut y rentrer momentanément avant de traverser la Chaîne du Lac.

La topographie et l'orographie de la région sont caractérisées par les faits suivants :

Du Vanel jusqu'à Noiraigue la plaine d'alluvion occupe

Digitized by Google

une vallée anticlinale, comblée sur 50-70 m., de dépôts glaciaires et d'alluvions. Elle est creusée sur la voûte même de

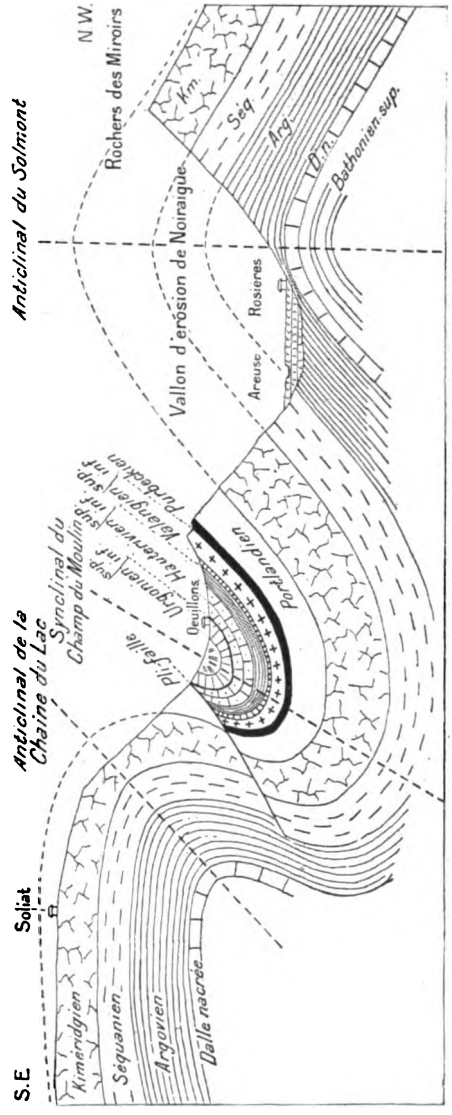


Cl. 32. — Divisions orographiques des Gorges de l'Areuse.

la chaîne du Solmont (Voir Cl. 33). Comme l'axe de ce pli tend à se relever dans la direction de Noiraigue, le sillon d'é-

Digitized by Google

rosion et, par suite l'Areuse, pénètrent dans des couches de plus en plus anciennes.



Cl. 33. — Profil par le Soliat et Rosières, montrant la structure anticlinale du vallon de Noiraigue.

Au Furcil, la rivière coupe la Dalle nacrée, puis les marnes à ciment (Bathonien supérieur). Entre le Pont de la Baleine

Digitized by Google

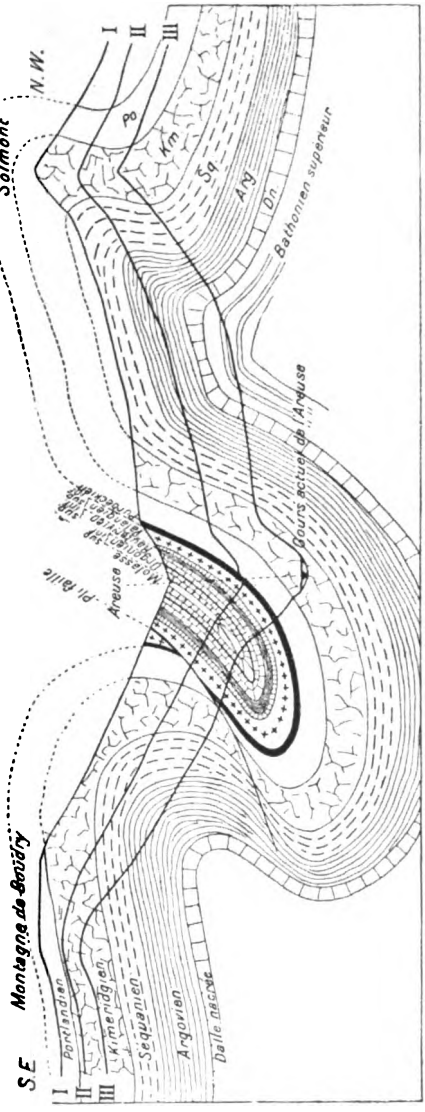
et le Plan de l'Eau, elle coule déjà un peu en dehors de l'axe anticlinal du Solmont. A partir de là, elle va se dégager des entrailles de la montagne et retraverser les assises du flanc nord du Solmont pour atteindre la vallée du Champ du Moulin. Entre le Furcil et l'issue du Saut de Brot, la rivière ne parcourt en vérité qu'une *demi-cluse*, puisqu'elle n'entaille que le versant sud de la chaîne, encore cette cluse devrait-elle se prolonger au travers du Portlandien et même dans le flanc du synclinal néocomien. Mais nous avons vu ce dernier se relever vers les Œuillons et dans la région du Saut de Brot, il domine la rivière de près de 100 m. Arrivée sur les couches kimeridgiennes, l'Areuse tourne brusquement à gauche et poursuit son cours sur cette assise, en contrebas et au N du synclinal qui l'aurait dû contenir et parallèlement à sa direction. Il en résulte que la dépression du Champ du Moulin est de fait une *vallée isoclinale*. Toutefois, le pli néocomien est si étroit et si rapproché du thalweg qu'on peut faire abstraction de cette irrégularité de structure et considérer grosso-modo la vallée du Champ du Moulin comme un *synclinal*. Cette interprétation est d'autant plus admissible que si l'on reconstitue la situation primitive du cours de l'Areuse dans cette région, on voit *qu'à l'origine la rivière a bien dû couler sur le synclinal*. Mais celui-ci étant couché sur son flanc nord et l'érosion travaillant dans le sens vertical, la rivière, à mesure qu'elle s'enfonçait dans les couches érodées, s'est petit à petit éloignée de l'axe du pli néocomien. C'est ce que nous avons cherché à rendre intelligible par le Cl. 34, où les traits forts marquent les profils successifs de la vallée.

Un peu en aval de l'usine des Molliats, l'Areuse passe sur le Portlandien qui forme le sous-sol rocheux de la vallée jusqu'à Cuchemanteau.

La région de la Verrière mérite un instant d'attention. Nous savons que l'Areuse coulait jadis au N du rocher de Cuchemanteau. Mais le passage s'étant comblé de moraines, puis de matériaux éboulés, la rivière fut rejetée dans le synclinal néocomien, et y creusa son lit de plus en plus, à mesure que s'usait le seuil rocheux sur lequel est jetée la passerelle de Cuchemanteau. Dans toute l'étendue des Gorges, c'est le seul endroit où l'Areuse ait pu rentrer, et pour un instant seulement, dans le chenal crétacique et tertiaire qu'elle avait abandonné au Vanel ; encore le fait est-il purement accidentel. A 300 m. plus bas, la rivière repasse dans son ancien lit préglaciaire par une seconde cluse en

Digitized by Google

miniature. Au-dessous du pont de la Verrière, elle coulait, tout récemment encore, dans la combe purbeckienne ; le bar-



Cl. 34. — Profil géologique montrant comment l'Areuse est sortie de la vallée synclinale du Champ du Moulin à mesure que l'érosion a progressé, pour couler sur le Kimeridgien.
I, II, III. Profils successifs. III. Profil actuel.

rage artificiel construit par la compagnie du chemin de fer, l'a rejetée sur les couches portlandiennes redressées du flanc

Digitized by Google

sud du Solmont et elle franchit ce seuil rocheux par un saut de 6 à 7 m. Plus bas, elle revient empiéter sur le Valangien, formant l'extrême bord du repli crétacique (Profil 2, Pl. 13); après le contour de la Roche-jaune, elle entre en cluse, coupe un peu obliquement toutes les assises néocomiennes et, finalement, s'engage à Combe-Garot dans la grande coupure qui pourfend normalement, et de part en part, les assises de la Chaîne du Lac. Cette formidable brèche entaille d'abord le Kimeridgien et le Séquanien, d'épaisseur réduite, mais qui saillent néanmoins en robustes contreforts verticaux ; au point où gît l'usine, elle frôle la voûte argovienne, qui n'est masquée que par une faible épaisseur d'alluvions et d'éboulis ; plus bas, elle recoupe dans l'ordre inverse le Séquanien, le Kimeridgien, le Portlandien du flanc sud, et finalement, du pont de Vert au Gor du Communal, toute la série néocomienne du Vignoble et la bordure tertiaire et fluvio-glaciaire de Boudry-Cortaillod. (Voir Cl. 28.)

En résumé, l'Areuse parcourt, sur le territoire de la carte au 1 : 15 000, quatre régions distinctes, qui sont :

1° de *Rosières au Furcil* (2,5 km.), un vallon anticlinal entièrement creusé dans la voûte du Solmont par les érosions de l'Areuse ;

2° du *Furcil à l'issue du Saut de Brot* (1,5 km.), une demi-cluse coupant obliquement le flanc sud du Solmont, mais jusqu'au Kimeridgien seulement, sur lequel l'Areuse continue ensuite à couler ;

3° du *Saut de Brot à Combe-Garot* (3,5 km.), un vallon de plissement, sous cette réserve que le thalweg s'y maintient à un niveau un peu inférieur à celui du synclinal néocomien et dans des bancs isoclinaux ;

4° de *Combe-Garot à Trois-Rods* (3 km.), une cluse imposante et présentant à un haut degré le caractère pittoresque de ces formations. La figure Cl. 32, représente la situation de ces quatre sections orographiques distinctes.

Tandis que dans le bassin de Noiraigue, tous les bancs rocheux affleurent horizontalement par leurs têtes, dans le fond de la vallée du Champ du Moulin on n'observe au contraire que des couches invariablement redressées, exposant aux regards leurs dos aplanis. Le contraste est frappant ; il résulte précisément de la structure si différente de ces deux cuvettes qui ne sont cependant séparées que par une distance d'à peine deux kilomètres. La cluse de Combe-Garot jusqu'à

Digitized by Google

Boudry offre un troisième type, celui du canyon ou gorge proprement dite.

Comprise entre deux chaînes élevées, la vallée géologique est partout très étroite. L'intensité des plissements implique un état de dislocation qui a favorisé l'œuvre des agents d'ablation. Les courbes pointillées des profils 1, 2 et 3 (Pl. 13) ne donnent qu'une idée incomplète du cube formidable des matériaux disparus, puisqu'elles indiquent seulement l'ancien niveau du Porlandien, et qu'il faut encore se représenter, superposés à cet étage, le Purbeckien et tout le Néocomien.

Parmi les effets dûs à ce démantèlement incessant ; aucun ne frappe davantage que l'immense excavation du Creux du Van. Il convient donc de s'y arrêter un instant. Dans le cas particulier, il est assez facile de se figurer la marche de l'érosion. Elle fut pour ainsi dire amorcée par l'Areuse. Avant l'époque glaciaire, celle-ci s'approchait bien davantage du pied du Dos d'Ane. Si l'on creusait un puits vertical à Derrière-Chéseaux, on atteindrait l'ancien lit. Dans ces conditions, la rivière a dû saper les escarpements contre lesquels elle venait buter et y provoquer de fortes ravines aujourd'hui comblées de moraines et d'éboulis. Ces excavations entamèrent finalement l'étage argovien qui forme le sous-sol de la ferme Robert ; les argiles et les calcaires marneux peu résistants de ces couches furent attaqués d'autant plus rapidement que leur inclinaison fit converger toutes les eaux d'infiltration vers cette première brèche. A mesure que celle-ci s'agrandissait, les assises calcaires superposées à l'étage argileux, manquant d'appui, s'effondrèrent peu à peu, et comme la voûte argovienne est ici très large et presque plane, l'érosion a progressé en rayonnant de la façon la plus régulière ; de là l'amphithéâtre si parfait du Creux du Van. Tous les cirques du Jura ressemblent d'ailleurs à un cratère égueulé et tournent leur concavité vers le NE. Cette remarque ne souffre que très peu d'exceptions et tend à confirmer l'hypothèse selon laquelle les glaciers jurassiens, dont ces hémicycles ont logé les derniers vestiges, contribuèrent aussi à leur valoir cette structure caractéristique.

Le Creux du Van s'est donc formé sans bouleversement ; il est le résultat de ces actions dissolvantes et désagrégeantes qu'on désigne dans leur ensemble sous le nom d'érosion et qui, à la longue, peuvent triompher des plus fortes saillies du relief terrestre.

Digitized by Google

C. *Eboulements et glissements de terrain.*

A. Préhistoriques.

Deux localités sont extrêmement intéressantes sous ce rapport ; ce sont la combe de la Verrière et la région du Saut de Brot. La carte géologique fait ressortir avec évidence que la rivière ne suit plus, entre le Champ du Moulin et la Verrière, son ancien lit préglaciaire, mais qu'elle a été rejetée au SE et forcée de contourner la colline de Cuchemanteau. Entre Noiraigue et le Saut de Brot, nous voyons également l'Areuse détournée de son lit primitif.

La Verrière. Sur une vaste surface occupée par le hameau du Champ du Moulin-dessus, le remplissage morainique est recouvert d'un dépôt d'éboulement formé presque exclusivement de Dalle nacrée et provenant sans aucun doute de la combe de Prépunel, où cette roche formait une plaque inclinée de 30-35° au SE, passant brusquement plus bas à la verticale. La courbure en genou une fois érodée par l'usure glaciaire, la Dalle nacrée n'eut plus guère comme point d'appui que le flanc du glacier. L'éboulement a donc pu se produire dès l'époque du retrait. Le Cl. 30 permet facilement de se rendre compte de la façon dont cette plaque de Dalle nacrée, privée de son pied, a glissé tout d'une pièce au-dessus de la ligne B.....V.

Nous avons vu déjà qu'au moment du retrait du glacier du Val de Travers, le sillon d'érosion primitif était uniformément rempli de moraine jusqu'à une certaine hauteur et présentait une déclivité assez constante. L'Areuse n'avait donc qu'à déblayer ces matériaux pour reprendre son ancien cours.

L'éboulement de Prépunel, tombé au début même de ce travail de régénération de la vallée, a *protégé la portion du remplissage compris entre le rocher de Cuchemanteau et le Champ du Moulin-dessus, et rejeté la rivière contre le flanc de la Montagne de Boudry.* On voit sans peine que le Champ du Moulin, en amont de ce point, est une vallée *ancienne* comblée d'alluvions et que le méandre de Cuchemanteau, avec ses glissements et les ravines des Lanvoennes, occupe, en revanche, une *vallée de creusement récent.* Plus bas, après le Saut de la Verrière, la rivière retrouve son ancien sillon. L'éboulement de Prépunel n'a été que la *cause indirecte* de la formation d'un lac temporaire au Champ du Moulin, et

Digitized by Google

nous savons qu'il faut attribuer celui-ci à un glissement du coteau des Lanvoennes. Avant son inondation, le Champ du Moulin avait été déblayé de 35 à 40 m. de remplissage glaciaire.

Saut de Brot. La dérivation de l'Areuse entre Noiraigue et le Saut de Brot est due à une cause identique, soit à la présence du champ morainique et d'éboulement du Creux du Van. Nous nous représentons ce qui a dû se passer de la manière suivante.

Après le retrait du glacier du Rhône, qui avait abandonné sur tout le Val de Travers, une moraine de fond le comblant jusqu'à l'altitude d'environ 800 m., la rivière a commencé à divaguer dans ces terrains meubles et les a peu à peu déblayés. Dans la région du Furcil, gênée par les moraines du glacier du Creux du Van, elle n'a pu trouver passage qu'en restant pour ainsi dire appliquée contre les escarpements du nord, où elle s'est alors creusé un sillon étroit et profond qui a fini par créer dans les matériaux de la rive droite une falaise analogue à celle que nous observons aujourd'hui vis-à-vis de l'usine du Plan de l'Eau, mais bien plus élevée. Toute la masse mouvante de la rive droite, formée de moraine alpine surchargée de détritus jurassiques, sapée à la base, s'est, à un moment donné, mise en mouvement; elle a glissé vers le sillon et l'a comblé en formant une digue qui a retenu les eaux jusqu'à 80 m. au-dessus du niveau actuel. Ainsi a pris naissance le lac du Val de Travers, dont la disparition graduelle n'a été consommée qu'à l'époque où le lit de l'Areuse, en se réapprofondissant, a pu reprendre un niveau voisin de celui d'aujourd'hui. Les glissements actuels et ceux qu'a signalés le Dr Vouga[1] ne sont que la répercussion de ceux d'autrefois.

Le principe qui admet que le phénomène des glissements de terrain se répète et que là où aujourd'hui nous les voyons en jeu, il doit s'en être produit d'autres, même plus importants, nous paraît d'une logique incontestable. Ce qui se passe sous nos yeux aux Lanvoennes et en amont du Saut de Brot, nous révèle clairement l'origine des barrages qui, jadis, ont créé un petit lac au Champ du Moulin et un autre, d'une ampleur très respectacle, au Val de Travers.

[1] *Bull. neuch.*, VIII, 1868, p. 122.

Digitized by Google

B. Récents.

Le rocher de **la Clusette** a été le siège de plusieurs éboulements en 1818, 1896-1898 et en 1901[1], ces derniers, causés par l'effondrement des plafonds des exploitations souterraines de la pierre à ciment. En 1901, la Roche taillée s'est affaissée en bloc sans cependant produire de grands dommages.

Dans le coteau de la **Petite Joux** et des **Loges**, au point même où s'est produit le glissement préhistorique des amas morainiques du Creux du Van, les érosions récentes ont si fortement corrodé les dépôts d'argile glaciaire que des glissements s'y répètent incessamment.

Il en est de même sur la rive gauche, près de la **Rugesse**, sous la gare du Champ du Moulin.

Le plus grand glissement est celui du pied des **Lanvoennes**, qui se poursuit depuis 1896. Les marnes tertiaires, coupées à leur pied par l'érosion, sont descendues d'abord en masse, puis par lames successives. Le glissement de 1896 a entraîné plus de 250 000 m³.

Des glissements non moins désastreux, dus également aux affouillements de la rivière, se sont produits à la **Combe de la Verrière**. Ils avaient fini par disloquer le tunnel du chemin de fer, qui ne put être consolidé que par des travaux de drainage fort coûteux et par l'endiguement de la rivière, comme on l'a vu plus haut. M. le Dr Vouga[2] a décrit ces perturbations, dont le danger s'est manifesté avant 1868 déjà.

Au-dessus de l'entrée de la **Grotte de Vert**, on constate qu'une masse de calcaire valangien (Marbre bâtard) s'est affaissée très anciennement en écrasant le Purbeckien, à moins que la réduction d'épaisseur de ce terrain, en ce lieu, ne soit imputable à des érosions antérieures (Cl. 35).

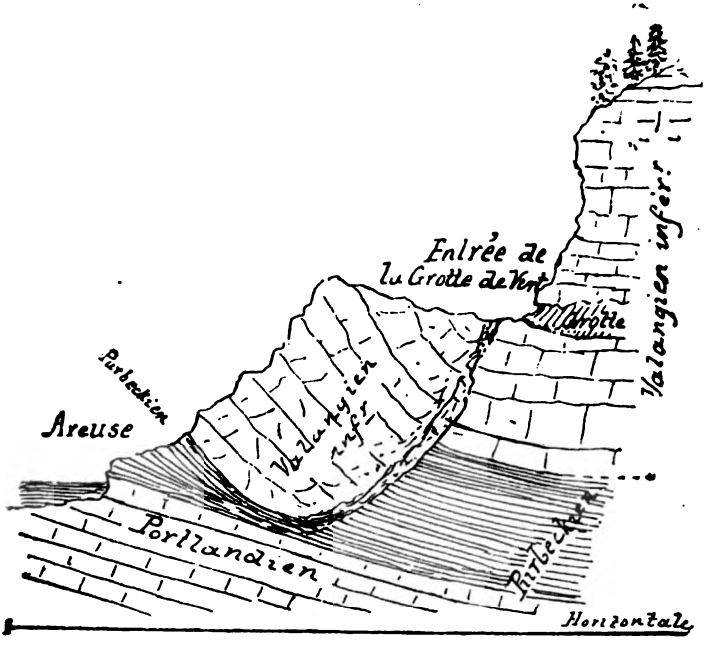
Des glissements de moraine et de Marne hauterivienne délitée ont lieu à la **Prise de Pierre** et en amont de l'**usine** des **Clées**.

Un phénomène remarquable et des plus étendus consiste dans le glissement lent de toute la masse du Hauterivien supérieur et de l'Urgonien située entre **Trois Rods et Chambrelien**, sur près de 1500 m. de longueur et sur 200-500 m. de largeur. La plaque de plus de 10 000 000 de m³ se déplace lentement vers la rivière dans le sens du plongement des cou-

[1] Pour les détails, voir *Mélanges géol.* II *Bull. neuch.*, 1900-1901.
[2] *Bull. neuch.*, VIII, 1868, p. 122.

Digitized by Google

ches. De profondes crevasses, transversales au mouvement, sont visibles dans la forêt en amont et en aval du chemin de fer, aux Buges et sous Biolley. Au-dessous de l'endroit dit les Cheminées (à cause des crevasses béantes), on constate des massifs échelonnés de Pierre jaune qui se suivent par gradins. L'une des plaques est couverte d'un amas morainique. Tout près du thalweg, à 100 m. en aval de l'usine des Clées,



Cl. 35. — Affaissement d'une corniche de Valangien inférieur au Pont de Vert. (Rive gauche de l'Areuse.)

une grosse masse de rocher forme comme un îlot discordant sur la Marne hauterivienne qui affleure au niveau de la rivière. Le mouvement est certainement fort lent, puisqu'on n'a pas craint de faire passer la voie ferrée au milieu de cette zone disloquée.

D. *Hydrographie et sources.*

L'Areuse qui draine toute la région comprise entre les deux anticlinaux dès le vallon de Noirvaux et celui de Saint-Sulpice, n'a que peu d'affluents superficiels. Dans la région des

Digitized by Google

gorges, ce genre de tributaire fait absolument défaut. Aucun ruisselet permanent ne vient augmenter le débit de la rivière. Celle-ci reçoit et recevait cependant d'importants affluents sous formes de sources, dont le plus grand nombre sont aujourd'hui détournées et captées pour servir à l'alimentation des principales localités du canton de Neuchâtel. Le régime de la rivière ne s'en est pas ressenti avantageusement, pas plus que l'industrie qui tire profit des forces motrices créées en série continue de Noiraigue jusqu'à Boudry. L'étiage de la rivière a notablement diminué, car c'est près de 400 litres-secondes qui lui font défaut; il peut actuellement tomber à 1200 litres-secondes. En hautes eaux, par contre, l'appoint des sources captées est négligeable, puique le débit de la rivière peut dépasser 200 m^3 à la seconde.

Ce régime est dû au fait que les deux chaînes encadrant les gorges présentent des surfaces calcaires très perméables. L'Areuse, coupant les bancs sur leur plongement vers la profondeur, fonctionne littéralement comme un drain, ou comme une saignée qui recueille les eaux souterraines jaillissant presque au niveau du thalweg. D'autres émergent sur les flancs moyens et supérieurs des deux chaînes. En voici la brève énumération.

Ces sources peuvent se diviser en six groupes :

I. Sources d'éboulis. Eaux collectées sous les éboulis recouvrant la marne argovienne et la moraine argileuse qui en dépend; ce sont en partie aussi des filons sortant sous les éboulis à la base du Séquanien; ainsi le prouve la grande source temporaire qui jaillit au sommet du Chable de l'eau. Les principales sont :

1. Fontaine Froide du Creux du Van. 1148 m. T = 3°8-4°. V = 60 l. m[1].
2. Source du Chable de l'eau. 1100 m.
3. Sources de Treymont (5 sources). 900-950 m. T = 5-6°. V = 500 l. m.
4. Sources de la Gouilla et de Brayon.

II. Sources de moraines. Eaux sortant partiellement du terrain rocheux, mais s'écoulant sur et à travers la moraine, souvent sous une couverture d'éboulis. Ce sont :

1. Sources de la Rugesse (2 sources). 650-660 m. T = 8°. V = 100 l. m.

[1] T = température en degrés centigrades; V = volume en litres par minute (l. m.).

Digitized by Google

2. Source de la Verrière (*pro parte*). 640 m. T = 8°. V = 500 m. (?)
3. Sources de Cortaillod (Perreux). 525 m. T = 6°-8. V = 120 l. m.
4. Sources de la Prise de Pierre. 550 m. T = 8-9°. V = 50 l. m.
5. Petite source sur Chambrelien. 760 m. T = 5°6. V = 2 l. m.
6. Diverses petites sources sur Rochefort. (Combe Léonard.)

III. Sources tertiaires et d'Albien. Eaux retenues par les argiles tertiaires et de l'Albien.
1. Source des Œuillons. 1000 m. T = 5°6 V = 15 l. m.
2. Source de Baliset. 890 m. T = 9°. V = 30-40 l. m.

IV. Sources de remplissage glaciaire et d'alluvions. Collectées dans un tronçon du lit comblé de moraine et d'alluvions, abandonné par la rivière. Elles jaillissent au point où celle-ci rentre, en formant une chute, dans son ancien lit.
1. Sources des Places bourgeoises. T = 8°-9°. V = 4000 l. m.
2. Sources de la Verrière (*pro parte*). 572 m. T = 8°. V = 2000 l. m.
3. Source du Forestier. 566 m. T = 8°2. V = 2000 l. m.

V. Sources de débordement. Calcaires imprégnés d'eau débordant par le défaut d'une couche marneuse.

a) Du Bathonien (Grande Oolite).
1. Sources de la Baleine au Plan de l'eau. 700 m. T = 10-12°. V = 600 l. m.

b) De la Dalle nacrée.
2. Source des Molliats. 690 m. T = 9°. V = 1000 l. m.

c) Du Malm.
3. Sources du Saut de Brot. 640 m. Captées par une galerie traversant le Malm de part en part. T = 9°2. V = 300 l. m.
4. Sources de Combe Garot. 540-530 m. Sortant des deux massifs du Malm, de part et d'autre de l'anticlinal et sur les deux bords de la rivière. La source d'amont, rive droite, seule est captée. Les deux autres du flanc SE, rive droite et rive gauche, ne le sont pas encore. T = 7-8°. V = 4000 l. m.
5. Sources du Saut de la Verrière, entrant dans la galerie d'adduction. 560 m.

d) Du Néocomien (Valangien, Pierre jaune, Urgonien).
6. Source de la Chevalière (Fontaine à Crapaude sur Per-

Digitized by Google

reux). 560 m. Jadis temporaire, jaillissant par un puits vertical. Captée au moyen d'une galerie de 70 m. de longueur, à 15 m. au-dessous de son ancien orifice. T = 9°2. Volume minimum = 25 l. m.

7. Source temporaire du Pré Batterand. 760 m. T = 6°4.

Ces sources sont, en réalité, des sources vauclusiennes en petit; si nous ne leur attribuons pas ce titre, c'est qu'elles ne présentent pas la variabilité extrême de celles-ci, ni leur défaut complet de filtration, bien qu'elles ne soient pas absolument à l'abri de l'influence des eaux superficielles, ainsi que le prouve la variation du nombre des bactéries en relation avec les changements du débit.

VI. Sources vauclusiennes. — *La Source de la Noiraigue* est une source vauclusienne typique. A l'étiage sa couleur est jaune d'ambre; elle est plus foncée aux époques de crues, grâce aux eaux tourbeuses qu'elle reçoit directement par les innombrables emposieux de la vallée des Ponts et de la Sagne. Elle est en effet l'émissaire d'un vaste réseau de canaux souterrains contenant dans la profondeur une réserve d'eau, dont le niveau ne doit pas être bien élevé au-dessus du seuil du déversoir.

La température est de 6 à 7°; le volume oscille entre 500 et 5000 litres secondes environ.

La Noiraigue, malgré son cours apparent de 700 m. seulement, reçoit trois affluents: 1° le ruisseau des Epinettes dont l'eau n'est pas colorée et qui ne tarit jamais; 2° la Libarde aussi fortement colorée que la Noiraigue et tarissant parfois; 3° le Routeuin, filet d'eau beaucoup moins teinté et capté pour l'alimentation d'une fontaine.

Les emposieux de la vallée des Ponts sont alignés au pied des coteaux qui bordent le marais tourbeux. Ils correspondent à un système de fractures affectant les étages du Néocomien et du Malm supérieur, dans la charnière du pli formé par ces couches, au moment où elles se relèvent sur les flancs de la vallée. Le plus important est celui du Voisinage situé à 1 km. à l'W des Ponts; c'est là que viennent se déverser, après leur réunion, les deux Bieds qui coulent à la rencontre l'un de l'autre dans l'axe de la vallée. Même en temps de sécheresse, l'emposieu du Voisinage recueille toujours une certaine quantité d'eau, tandis que les autres tarissent. Malgré cela, le volume d'eau qu'il reçoit ne dépasse pas la vingt-cinquième partie de celui qui réapparaît à Noiraigue.

Digitized by Google

En 1864 déjà, Desor avait tenté de déterminer la durée du trajet souterrain des eaux de la Noiraigue entre le Voisinage et la source, en recourant à la réaction de l'iode sur l'amidon. Le 30 septembre à 5 h. du soir, il fit verser un fort volume d'empois d'amidon dans l'emposieu, puis descendit à Noiraigue pour essayer de reconnaître la présence de cette substance dans l'eau de la rivière[1].

Malgré le résultat très peu décisif de l'expérience, Desor crut pouvoir admettre que l'eau du Voisinage réapparaissait à Noiraigue après *huit heures* de parcours souterrain et ce résultat fut généralement considéré comme un fait acquis.

Or, des essais de même nature, tentés en 1900 par M. Schardt à l'aide de la fluorescéine, démontrèrent que les eaux du lac des Taillières n'atteignent la source de l'Areuse à Saint-Sulpice, qu'après treize jours, pour un trajet souterrain de 6 km.

La distance du Voisinage à Noiraigue étant de 4 km., il devenait très probable que le résultat de Desor était erroné et que la coloration bleue, d'ailleurs extrêmement faible, qu'il avait cru observer, était le fait d'une illusion. Il était donc intéressant de reprendre cette expérience en utilisant la fluorescéine. Nous avons tenté en 1901 deux essais dont voici les résultats :

1er essai. — Le 4 mai 1901, à 5 h. et demie du soir, deux kilogrammes de fluorescéine furent versés dans l'emposieu du Voisinage. Les eaux étaient hautes et la Noiraigue débitait environ 2500 litres secondes. Dans les jours qui suivirent, quatre échantillons d'eau par vingt-quatre heures furent prélevés à la source. La coloration verte réapparut le 13 mai, à 5 h. du matin, et se maintint jusqu'au lendemain. Elle a donc mis *huit jours et demi* à passer du Voisinage à Noiraigue.

2me essai. — Le 26 juillet 1901, à 5 h. du soir, cinq kilogrammes de fluorescéine furent de nouveau versés dans l'emposieu du Voisinage. La Noiraigue était à l'étiage, mais dans la semaine qui suivit, une série de violents orages firent enfler les cours d'eau à tel point que le jour où la coloration apparut, la Noiraigue débitait au moins 3000 litres sec. La fluorescéine se montra avec assez d'intensité pour être visible a l'œil nu le 2 août à 6 h. du matin et la coloration persista durant trente-six heures. Dans ce deuxième essai, l'eau

[1] *Bull. neuch.* VII, 1865, p. 37.

Digitized by Google

a donc mis *six jours et demi* pour passer du Voisinage à Noiraigue.

Dans ces deux expériences la coloration à la source fut très faible, à tel point que, dans la première, la teinte verte ne fut reconnaissable que grâce à l'emploi du fluoroscope.

Ce résultat pourrait être dû à une action destructive de l'acide ulmique de la tourbe, il est toutefois plus probable qu'il faille l'attribuer à l'énorme volume d'eau emmagasiné dans les canaux souterrains de la vallée.

Fait remarquable, des trois affluents la Libarde seule s'est colorée.

E. *Les Cavernes.*

Il existe dans les Gorges de l'Areuse cinq cavernes dignes d'être signalées à divers titres, ce sont les suivantes, toutes situées sur la rive gauche de l'Areuse :

1. La Baume du Four. — Elle s'ouvre à 300 m. en aval du Pont de Vert. C'est une vaste niche à voûte surbaissée, de 60 m. d'ouverture, sur 12 m. de hauteur à l'entrée. La profondeur n'atteint que 21 m. Elle est surtout intéressante par les nombreux débris préhistoriques qu'on y a déterrés. Ceux-ci consistent en objets de bronze, en nombreux fragments de poterie, et en une quantité d'ossements appartenant à trois squelettes humains et à divers animaux domestiques. Desor avait conclu de l'étude de ces vestiges que cette caverne pouvait avoir servi de lieu de culte, où l'on sacrifiait, à l'époque gauloise, c'est-à-dire au premier âge du fer [1].

Cette grotte est ouverte dans les bancs compacts du Valangien inférieur. Elle a pour origine un bombement local des assises et leur effondrement partiel, le soubassement purbeckien ayant été érodé par la rivière.

2. La Grotte de Vert. — Elle porte aussi le nom de Grotte des Chauves-souris et s'ouvre dans le voisinage immédiat du Pont de Vert, à une quarantaine de mètres au-dessus du niveau de la rivière. (Voir Cl. 35.) Elle comprend un réseau compliqué et assez difficilement accessible, dans toutes ses parties, de salles bouleversées, de couloirs, de puits verticaux qui se succèdent sur une longueur d'une centaine de mètres.

Elle communique avec l'extérieur par trois ouvertures au moins, et transperce de part en part l'éperon du Valangien

[1] Desor, *La Baume du Four* (*Musée neuchâtelois*, 1871), voir en outre pour plus de détails sur les Cavernes : A. Dubois, *Les Gorges de l'Areuse et le Creux du Van*, 1901.

Digitized by Google

inférieur que la rivière contourne en aval du Pont de Vert. L'une des ouvertures consiste en une cheminée impraticable qui débouche dans la forêt, directement au-dessus de la cavité principale.

Le massif valangien où cette grotte est située, est entièrement disloqué, ce qui tient aux affouillements de la rivière dans les couches moins résistantes du substratum. Les vides du massif rocheux ont été en outre agrandis par l'action des eaux souterraines.

3. La Grotte du Chemin de Fer. — Desor l'a nommée aussi Grotte de Bourguet.

Elle s'ouvre sur la voie-ferrée à 1 km. en amont de la guérite des Buges. Elle fut découverte en 1858, durant la construction de la ligne. Sans ces travaux son existence serait restée indéfiniment insoupçonnée. Elle a 80 m. de profondeur et parfois plus de 15 m. de hauteur. Le sol s'y élève rapidement en formant de puissants gradins sur lesquels on s'élève à l'aide d'escaliers taillés dans l'épaisse couche du tuf grumeleux qui tapisse toutes les surfaces de cette cavité.

Cette grotte s'ouvre dans les bancs puissants du Kimeridgien. Sa formation s'explique par une fissure préexistante que l'action dissolvante d'un filet d'eau souterrain aura peu à peu agrandie.

4. La Grotte de Cottencher. — Elle s'ouvre sur le sentier de Chambrelien au Champ du Moulin, à 800 m. à l'O de la gare de Chambrelien.

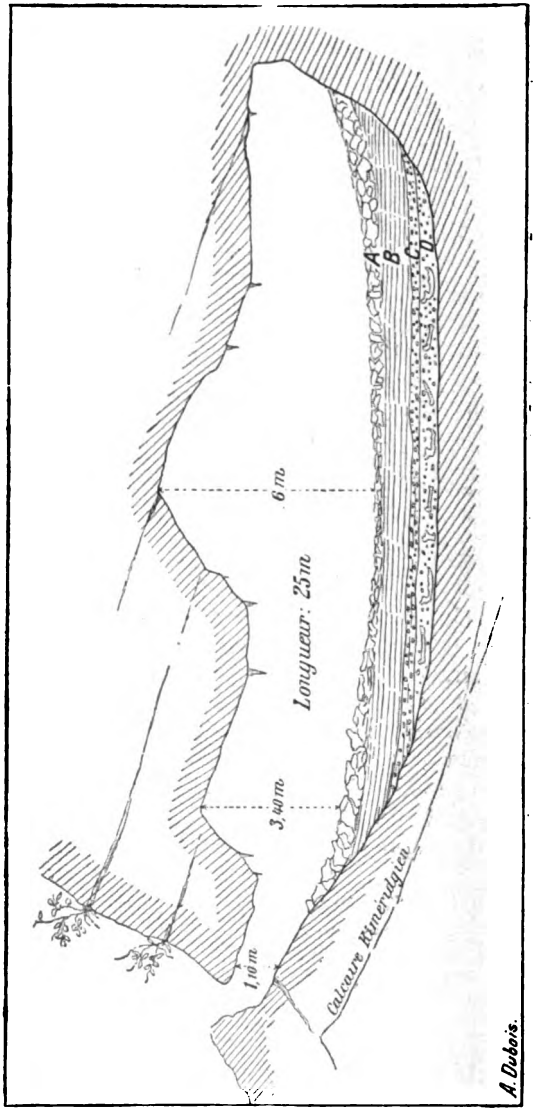
Elle consiste en une galerie de 25 m. de profondeur et serait à peine digne d'une mention, sans les intéressantes trouvailles d'ossements de l'*Ursus spelaeus* qu'on y a faites.

La figure (Cl. 36) représente la coupe longitudinale de cette grotte et la constitution du sol qui l'occupait, avant le bouleversement qu'y ont apporté des fouilles répétées à diverses reprises.

On a retiré de cette caverne plusieurs têtes complètes de l'ours des cavernes, d'autres os de ce même animal et surtout une quantité considérable de dents, en particulier d'énormes canines, bien conservées. Cette caverne s'ouvre aussi dans les bancs massifs du Kimeridgien ; son origine est sans doute due aux mêmes causes que celles qui ont donné naissance à la grotte du Chemin de fer. Selon l'hypothèse de Desor, à laquelle nous souscrivons, le dépôt qui formait le sol de cette grotte, ne peut s'expliquer qu'en admettant la formation d'un petit lac morainique sur le flanc du glacier.

Digitized by Google

Il fournit une preuve de l'existence de l'ours des cavernes avant l'époque glaciaire.



Cl. 36. — Grotte de Cottencher, coupe longitudinale.

A. Couches de détritus stalagmitiques.
B. Limon calcaire blanc finement stratifié.
C. Béton limoneux avec galets jurassiques et rares galets alpins, renfermant encore quelques ossements.
D. Béton limoneux, à galets jurassiques mélangés de quelques galets alpins et riche en ossements.

5. La Grotte des Chaumes. — Difficile à atteindre, elle s'ouvre dans le massif kimeridgien qui domine la ferme de

Digitized by Google

Prépunel à l'altitude de 1170 m. Sa longueur est de 65 m. ; sa cavité principale a 30 m. de hauteur.

Géologiquement elle ne présente pas un très vif intérêt et doit sa formation aux mêmes causes que ci-dessus.

Itinéraire d'une excursion dans la région des Gorges de l'Areuse.

Nous rendrons peut-être service à quelques-uns de nos lecteurs, en leur indiquant un itinéraire qui permette de visiter sans perte de temps les localités les plus intéressantes, au point de vue géologique, de la région que nous avons décrite. Il comporte deux journées d'excursions, bien remplies il est vrai, et suppose comme point de départ le Champ du Moulin, où l'on trouve de bons hôtels.

1re journée. — Du Champ du Moulin à Boudry et retour.

Monter à la gare et de là suivre la voie-ferrée. A la Verrière, tunnel dans les éboulis et la moraine ; coupe dans le Kimeridgien et le Portlandien. A la Combe aux Epines, coupe très intéressante dans le Néocomien. De la guérite gravir la Combe par le sentier du château de Rochefort et gagner la grand'route à Roc-coupé (Portlandien en dalles verticales). Visite aux ruines du château de Rochefort ; superbe coup d'œil orographique sur toute la région. Par le sentier du château, descendre à la gare de Chambrelien ; dans la forêt de Chassagne, revêtement de Valangien inférieur ; carrière dans ce niveau à la gare. De ce point rebrousser par le sentier Chambrelien-Champ du Moulin (marqué par des traces bleues) jusqu'aux grottes du Chemin de fer et de Cottencher indiquées par des écriteaux. Descendre sur la voie-ferrée et reprendre la direction de Boudry ; belle coupe dans le Néocomien (Valangien inf. et sup. Hauterivien sup. et Urgonien) ; crevasses d'arrachement de la forêt des Buges ; plateau quaternaire de Trois-Rods ; Tertiaire des falaises de Boudry. — Au retour par le sentier des Gorges de l'Areuse (indiqué par des traces rouges), on traverse tout le Tertiaire de Boudry, puis, dans le Gor du Communal, une coupe de l'Urgonien supérieur jusqu'au Valangien supérieur. Dans le canyon du Gor de Brayes, développement du Valangien inférieur. Baume du Four ; Grotte de Vert. Au Pont de Vert, Purbeckien et Valangien affaissé. En

Digitized by Google

amont, coupe dans le Malm. A Combe-Garot, combe argovienne, grandes sources. Au-delà, Malm réduit, apparition du pli-faille et du synclinal néocomien avec coupe très compliquée. Gisement des blocs erratiques 2 à 6. A la Verrière et à Cuchemanteau, Mollasse tertiaire ; dérivation de l'Areuse ; grandes sources ; belles coupes dans le Néocomien ; ravines des Lanvoennes. En amont, déblais de Marnes hauteriviennes extraits des galeries de l'aqueduc de Combe-Garot.

2me journée. — Du Champ du Moulin, à Noiraigue, à Combe-Varin, au Creux du Van et retour.

Monter par le Champ du Moulin-dessus à Fretereules, et suivre la route de la Clusette. Spongitien fossilifère ; contact avec la Dalle nacrée. Avant d'arriver à Brot, affleurement des Couches de Brot à Brachiopodes et des Couches à Polypiers ; Grande Oolite ; plaque chevauchée et faille du Furcil. A la Clusette, Spongitien, Séquanien marneux, riche en fossiles. Descendre par le Mont sur le Furcil ; Marnes du Furcil et Calcaire roux ; sur la voie-ferrée, en aval, Grande Oolite. De Noiraigue monter par la Croix d'Evjon jusqu'à la route des Ponts, puis jusqu'au Haut de la Côte. Séquanien et Kimeridgien en contact par faille avec le Purbeckien ; carrière dans le Valangien inférieur, gisement de *Chama gracilicornis*, puis Hauterivien inférieur et supérieur. Redescendre à Noiraigue ; monter aux Œuillons. Synclinal néocomien. Gravir le Creux du Van par le sentier des Quatorze contours. Au Falconnaire, coup d'œil orographique superbe sur toute la contrée et particulièrement sur le cirque du Creux du Van. Redescendre par le sentier du Single à la Fontaine froide et à la Ferme Robert. Argovien très développé, pointement de Dalle nacrée. Champ morainique du Creux du Van. Descendre sur le Saut de Brot par le sentier des Fourches (indiqué par des traces jaunes). Cluse dans le Séquanien et le Kimeridgien. Moraines des Places bourgeoises. Synclinal néocomien au bord de la vallée, en amont du Champ du Moulin. Carrière dans le Valangien supérieur et inférieur.

Digitized by Google

Remarques
sur la carte géologique accompagnant cette notice (Pl. 12).

Grâce à l'échelle du 1 : 15 000, il nous a été possible d'indiquer sur la carte des subdivisions d'étages plus nombreuses qu'on ne peut le faire d'ordinaire.

Dans une contrée où les dépôts quaternaires occupent d'aussi grandes surfaces, il serait désirable de pouvoir les relever sur une deuxième feuille, sur un calque par exemple, et de ne figurer sur la carte proprement dite que les sédiments des époques antérieures, comme si tous les terrains récents avaient été enlevés. Mais il faut le plus souvent reculer devant les frais qu'entraînerait cette manière de procéder. On est alors obligé, si l'on veut que la carte donne une idée juste de la constitution du sous-sol, sans que la lecture en soit trop ardue, de réduire dans la mesure du possible la surface occupée par les terrains de couverture. Nous nous sommes en conséquence astreints à ne figurer que ceux qui acquièrent une réelle importance et dont l'épaisseur n'est, d'une manière générale, pas inférieure à un mètre.

Au cours du travail lithographique de la carte, il s'y est glissé quelques erreurs peu importantes, mais que nous tenons à signaler :

1. Nous avons cherché à représenter approximativement dans les moraines la distribution des éléments alpins et des éléments jurassiens par une répartition proportionnelle des pointillés rouges (éléments alpins) et bleus (éléments jurassiens). Cela étant, la surface morainique, sur laquelle gît le domaine de Combe Varin, porte un trop grand nombre de points rouges. Le matériel alpin forme, dans cette région, à peine le 5 % du total.

2. La moraine de la Mercière, à l'E de Noiraigue, doit porter quelques points bleus.

3. Il en est de même de celle qui débouche de la Combe Léonard sur Rochefort.

4. La petite moraine traversée par l'inscription « Usine électrique des Clées » doit porter autant de points rouges que de bleus.

5. Dans la région de Vert, près du bloc erratique (Bl. i. N° 1), les points rouges désignant le Valangien supérieur ont

Digitized by Google

été omis dans la petite zone sise sur la voie ferrée. En outre, dans cette même petite zone, les traits bleus figurant la Marne d'Arzier, et l'étoile indiquant le gisement fossilifère, doivent être reportés contre la limite pointillée de l'W, au lieu de s'appuyer à celle de l'E.

6. Enfin, la correction la plus importante se rapporte au singulier chevauchement du Bathonien inférieur de la région de Brot, dont nous avons exposé (p. 450) la découverte inattendue et postérieure au tirage de la carte. Elle ne conduit pas, en somme, à une modification notable du dessin primitif de la région ; ajoutons que les limites de la plaque de chevauchement, difficiles à déterminer avec une très grande exactitude, restent encore quelque peu incertaines. Le Cl. 31 (p. 452) représente la région de Brot avec le tracé du contact anormal de la zone chevauchée, tel qu'il nous a paru interprétable.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS 367
HISTORIQUE 369

Ire partie. — Stratigraphie.

TERRAINS JURASSIQUES

A. **Dogger ou Jurassique moyen** 376
Bathonien. Couches de Brot 376
Grande oolithe 382
Calcaire roux marneux 383
Couches du Furcil 384
Callovien. Dalle nacrée 389
Résumé sur le parallélisme des niveaux du Dogger 390

B. **Malm ou Jurassique supérieur** 391
Argovien. Argovien inférieur 393
Argovien supérieur 395
Séquanien. Séquanien inférieur 397
Séquanien supérieur 398
Kimeridgien 399
Portlandien 401
Purbeckien 402
Epaisseur des étages du Malm 404

TERRAINS CRÉTACIQUES

A. **Crétacique inférieur ou Néocomien** 405
Valangien. Valangien inférieur 405
Valangien supérieur 407
Hauterivien. Hauterivien inférieur 413
Hauterivien supérieur 418
Urgonien. Urgonien inférieur 422
Urgonien supérieur 428

B. **Crétacique moyen** 429
Albien et Rotomagien 429

Digitized by Google

TERRAINS TERTIAIRES

Pages
Terrains mollassiques 432

TERRAINS QUATERNAIRES

Terrains glaciaires 436
» d'alluvion 442

IIe partie. — Tectonique, Orographie, Hydrologie.

Tectonique 445
Orographie 453
Eboulements et glissements de terrains 460
Hydrographies et sources 463
Les Cavernes 468
Itinéraires d'une excursion 471
Remarques sur la Carte géologique 473

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie.

Digitized by Google

FEB 19 19..

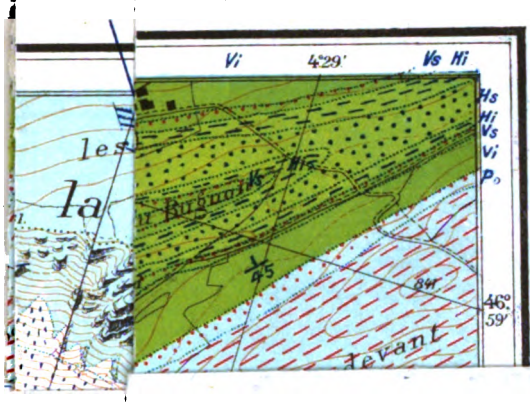
Bancs marno-calc. intermédiaires 18m.	Massif intermédiaire peu hydraulique Calcaires marneux et marnes en alternances			
Marnes hydrauliques inférieures 15-20m.	Marne à Portland	2m.20	VIII	5
	Banc intermédiaire Calcaire marneux	4m.50		4
	Calcaire à Portland	2m.50	II	3
	Calcaire marneux	2m.		2
	Marnes hydrauliques non exploitées	?	X	1

ieur (Marnes du Furcil)

LITH. J. CHAPPUIS, LAUSANNE.

Digitized by Google

Digitized by Google



s et limna

Portland

ques

tales

ts

en.)

(Gre

s

ns

osieu

rrachement

ne.)

Digitized by Google

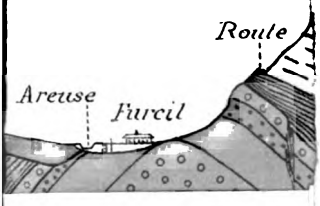
Digitized by Google

ronne - Comb

A'_1

R

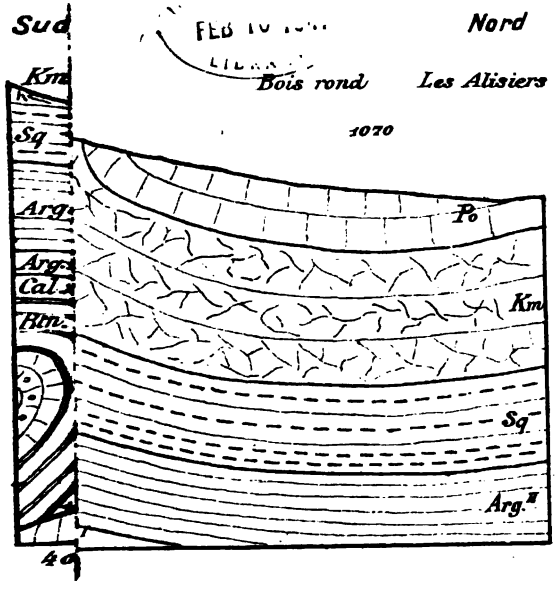
Clusette

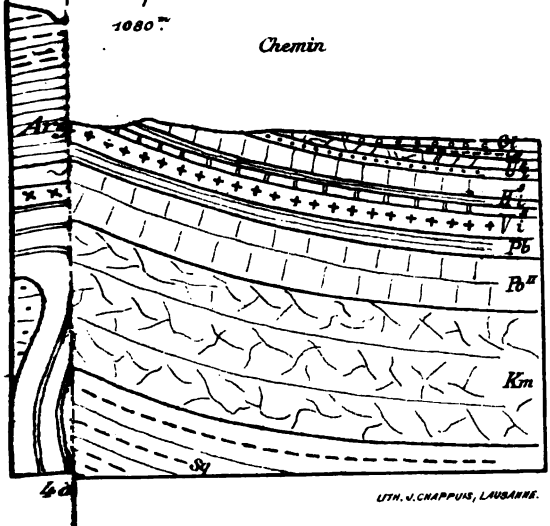


Digitized by Google

Digitized by Google

Eclogæ geol. Helv. VII. – Pl. 14.





LITH. J. CHAPPUIS, LAUSANNE.

crétacique tertiaire

Digitized by Google

Digitized by Google

FEB 10 1947
LIBRARY

Légende

Eb Eboulis
Al Alluvions
Gl Moraine. Glaciaire
Tertiaire récent (Quaternaire)
Aq Aquitanien (Tert. ancien)
Tertiaire
Cé Cénomanien et Albien (Crét. moy.)
Ur Urgonien { sup. inf.
Hs Hauterivien { sup.
Hi inf.
Vi Valangien { sup. inf.
Néocomien crétac. inf.
Crétacique
Pb Purbeckien (Portl. sup.)
Po II Portlandien { Calc. sacch.
Po I Calc. compact
Kim Kimeridgien
Sq Séquanien
Malm ou Jurass. supér.
Arg II Argovien supérieur
Marnes et calc. hydraul
Couches de St Sulpice
Arg I Argovien inférieur (Spongitien)
Oxfordien (lacune)
Cal Callovien (Dalle nacrée)
Bt II Bathonien supr. Marnes hydraul.
Couches du Furcil
Bt I Bathonien inférr.
(Grande oolite - Vésulien)
Bj Bajocien
Dogger ou Jurass. moy.
L Lias ou Jurass. inférr.
Jurassique
Tr Trias.
Failles
Lit préglaciaire de l'Areuse

Echelle de 1:15 000

0 500 1 Kil.

LITH. V. CHAPPUIS, LAUSANNE.

Digitized by Google

Digitized by Google

Chez **GEORGES BRIDEL & Cie** *éditeurs à Lausanne.*

A PARIS
A LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, boulevard St Germain.

A BALE
CHEZ GEORG & Cie
libraires.

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTE-RENDU DE LA 6e SESSION EN SUISSE

Août 1894, Zurich.

Prix avec 12 tableaux en couleurs :

25 francs. — 20 marcs. — £ 1. — $ 5.

CHRONOGRAPHE GÉOLOGIQUE

12 grands tableaux en couleur, avec texte explicatif, et Répertoire stratigraphique polyglotte,

par E. RENEVIER, prof.

Prix : **10 francs.** — Les tableaux seuls, en feuilles : **6 francs.**

Récentes publications de la

COMMISSION GÉOLOGIQUE FÉDÉRALE

En dépôt chez A. Francke, à Berne.

Carte géologique du bassin du Léman. 2e édition de la Feuille XVI, au 1 : 100000. . . . . 10 fr.

Carte géologique des environs de Moutier, au 1 : 25000. 6 fr.

Carte géologique des environs de Bellelay, au 1 : 25000. 6 fr.

Geologische Karte der Lägern, 1 : 25000 . . . . . 6 fr.

Matériaux pour la carte géologique de la Suisse :

— 2e série, livraison IX : *Oberholzer, Monographie einiger prähistorischen Bergstürze in den Glarneralpen.* 15 fr.

— Idem, livraison X : *Lorenz, Monographie des Fläscherberges* . . . . . 10 fr.

— Idem, livraison XI : *Buxtorf, Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura* . . . . . 10 fr.

— Idem, livraison XIII : *Rittener, Etude géologique des environs de Sainte-Croix et Baulmes* . . . . . 15 fr.

Digitized by Google

LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE EN SUISSE

Nous n'avons plus de Livret-guide à prix réduit. Pour l'obtenir s'adresser à l'éditeur F. PAYOT, à Lausanne. Il reste encore chez notre caissier quelques *Separata* aux prix suivants :

Excursions ds le Jura (A I, II, III, B VI), chacune Fr. 1 —

Notices sur les Musées géologiques de la Suisse. » — 50

S'adresser à M. le prof. MÜHLBERG, à Aarau, en lui envoyant la valeur en *timbres-poste suisses*.

Bonne occasion.

A vendre la série complète jusqu'à 1895 des

Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.

Livraisons I à XXXIV

avec les 25 feuilles au 1 : 100 000, dont quelques-unes entoilées.

Prix du bloc : **400 francs.**

S'adresser à Mme Veuve **AUG. JACCARD** au **Locle**, Neuchâtel (Suisse).

PRIX DES ECLOGÆ

Le vol. I des *Eclogæ* n'est plus en vente séparément.

	En librairie.	Aux membres.
Série des volumes I à V	Fr. 65 —	Fr. 55 —
Volumes II à VI, séparément . . .	» 12 —	» 10 —
Livr. séparées disponibles des vol. I à V	» 2 50	» 2 —

Dès le N° 1 du vol. VI le prix de chaque livraison est marqué sur la couverture. — Réduction de 1/4 pour les membres.

Prix de ce fascicule : 5 francs.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

NOV 1 1904
13.620

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la Société
E. RENEVIER, professeur.

Vol. VII, N° 6.

		Pages.
33.	Revue géologique suisse de 1901	477
	1re partie. Tectonique, par H. SCHARDT	477
	2e » Minéralogie et Pétrographie, par H. SCHARDT . .	508
	3e » Géologie dynamique, par CH. SARASIN.	528
	4e » Stratigraphie et Paléontologie, par CH. SARASIN. .	546
	Tables spéciales de la Revue	598

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS
Juin 1903.

Digitized by Google

Les *Eclogæ* servent d'organe périodique à la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE *(Schweizerische geologische Kommission)*.

Les livres, cartes, etc., donnés en échange contre les publications de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

Tit. Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums,
(in Tausch mit der SCHWEIZERISCHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION)
in ZURICH

Les envois de livres, etc. destinés à la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, p. adr. *Bibliothèque de la Société helvétique des sciences naturelles à BERNE.*

Annonces.

Les *Eclogæ* inséreront volontiers des annonces payantes de publications géologiques, comptoirs minéralogiques et paléontologiques, collections ou bibliothèques à vendre, etc. Le prix des annonces est de 5 fr. par *quart de page*, avec réduction pour les annonces plusieurs fois répétées.

Die *Eclogæ* nehmen gerne bezahlte Anzeigen über geologische Publikationen, mineralogische und paläontologische Geschäfte, zum Verkauf ausgebotene Sammlungen oder Bibliotheken, etc. auf. Der Preis der Annoncen beträgt 5 Fr. für die Viertelsseite mit Ermässigung bei Wiederholung derselben Anzeige.

LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE EN SUISSE

Nous n'avons plus de Livret-guide à prix réduit. Pour l'obtenir s'adresser à l'éditeur F. PAYOT, à Lausanne. Il reste encore chez notre caissier quelques *Separata* aux prix suivants :

Excursions dans le Jura (A I, II, III, B VI), chacune Fr. 1 —
Notices sur les Musées géologiques de la Suisse. » — 50

S'adresser à M. le prof. MÜHLBERG, à Aarau, en lui envoyant la valeur en *timbres-poste suisses*.

Digitized by Google

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Revue géologique suisse pour l'année 1901.

N° XXXII

par H. SCHARDT et CH. SARASIN.

Nécrologies.

Nous avons à signaler la mort de M. **de Mojsisovics**, géologue autrichien de grand mérite, dont les travaux sur les Alpes autrichiennes et notamment sur les Alpes grisonnes orientales et méridionales nous intéressent tout spécialement. M. de Mojsisovics s'est acquis un mérite particulier par ses travaux sur le Trias des Alpes orientales.

Un géologue, dont la mort suscitera le regret unamime des géologues suisses, M. **Edmond v. Fellenberg** (1838-1902), s'est consacré spécialement à l'exploration du massif de l'Aar entre le Lötschenpass et la Grimsel jusqu'à la vallée du Rhône. De nombreux travaux traitant les minéraux de la Suisse sont dus à sa plume. Nous aurons, par la suite, à signaler des articles biographiques sur la vie et les travaux de cet excellent et aimable collègue.

Ire PARTIE — TECTONIQUE

Par H. SCHARDT.

Généralités. Descriptions géologiques, tectoniques et orographiques.

Manuel de géologie. — Nous enregistrons ici la publication d'un **manuel élémentaire de minéralogie et de géologie** pour les écoles moyennes de la Suisse. L'auteur, M. le Dr H. FREY [1], s'est efforcé de doter nos écoles d'un ouvrage aussi complet

[1] Dr H. FREY. Mineralogie u. Geologie für Schweizerische Mittelschulen. Leipzig, A. Freitag, 1901. 230 p. 260 fig.

Digitized by Google

que possible, sans être surchargé, mis entièrement à la hauteur de la science actuelle. Sa première partie contient des données sur la cristallographie, les propriétés physiques et chimiques des minéraux, une description des principaux minéraux et des tables pour leur détermination. Suit un chapitre sur la pétrographie, donnant, à la suite du mode de formation et du gisement des roches essentielles, leur composition et leur structure, tant des roches cristallines et cristallophylliennes que des roches sédimentaires.

La partie géologique proprement dite s'étend sur les volcans, l'érosion, la sédimentation et leurs agents, la tectonique et donne un résumé de stratigraphie, suivi d'un coup d'œil sur le monde organique et ses modifications pendant les époques géologiques, les fossiles caractéristiques des étages géologiques et les séries philogénétiques de quelques types animaux.

Cet ouvrage remplit certainement une lacune depuis longtemps sentie et rendra d'excellents services.

Théories géologiques. — Un opuscule qui fera peut-être hausser les épaules à plus d'un, mais qui présente cependant un certain intérêt et quelque originalité, est celui de M. Hermite [1], intitulé *Essai d'une explication par les causes actuelles de la partie théorique de la géologie.* On conçoit de prime abord que le mot théorie de la géologie se résume pour l'auteur dans la conception de l'origine du globe terrestre, sa nature interne, les phénomènes qui en découlent et les mouvements de l'écorce terrestre. Il prévoit la nécessité de faire intervenir dans l'explication des phénomènes géologiques l'équivalence mécanique de la chaleur. Il est regrettable, dit-il, que De la Bèche, qui a publié, en 1838, un ouvrage sur la partie théorique de la géologie, n'ait pas connu le principe de l'équivalent mécanique de la chaleur.

L'auteur fait une objection à la théorie de Newton sur l'applatissement de la terre, en trouvant plus admissible que la terre primitive doit se transformer en un disque très applati sous l'influence d'une rotation continuelle.

Les mouvements orogéniques qu'Elie de Beaumont attribuait à la contraction due au refroidissement du globe, ne sont pas dûs à cette cause, parce que, dit M. Hermite, la chaleur émise par la solidification est égale à celle perdue par le refroidissement! S'inspirant d'une note de M. Bertrand [2], il affirme que la chaleur souterraine est produite par

[1] Neuchâtel, Attinger frères, 1901. (M. Hermite est décédé en 1902.)
[2] *C. R. Ac. sc. Paris*, 5, II, 1900.

Digitized by Google

l'affaissement des bassins marins. Ces affaissements, se faisant périodiquement, engendrent beaucoup de chaleur, qui se communique à l'eau des océans et produit une forte évaporation et des pluies abondantes sur les continents qui en sont refroidis d'autant, d'où la forte activité détritique constatée à chaque oscillation orogénique.

Il parle ensuite du phénomène paléothermal, — mis en relation avec la cohésion plus grande alors qu'aujourd'hui, — qui a peu à peu conduit à l'époque glaciaire. Si, aujourd'hui, les glaces polaires ne sont pas plus étendues, c'est parce que tous les courants marins chauds se rencontrent là.

Dans un appendice, il parle de questions à élucider, de l'atmosphère, de l'équilibre des mers et de la figure de la terre, le volume des glaces quaternaires, les terrasses parallèles, les mouvements du sol et les volcans.

Alpes.

Alpes calcaires occidentales.

Préalpes et klippes. — En 1901, la *Société géologique de France* a parcouru, lors de son excursion annuelle, les **Alpes du Chablais** sous la direction de M. Lugeon [1]. Le principe du recouvrement des Préalpes, émis par l'écrivain de ces lignes en 1893, accepté en 1895 par M. Lugeon et appliqué par lui aux Alpes du Chablais, devait subir l'épreuve du feu. Il y avait parmi les excursionnistes MM. Kilian, de Lapparent, E. Haug, C. Schmidt, G. Steinmann, etc., ces deux derniers adversaires du charriage venu du S, bien que l'admettant venu du N, tandis que M. Haug soutenait l'hypothèse d'un éventail composé imbriqué, ayant surgi sur place par compression de plis groupés autour d'un synclinal médian.

La discussion a été nourrie, ainsi que le prouvent les débats au cours des excursions et des séances journalières pendant les huit jours d'excursion, dont quatre sur la partie suisse des Alpes du Chablais.

Nous ne suivrons pas ici le compte rendu des excursions dans tous ses détails, nous ne relèverons que les résultats constatés et les objections principales présentées au cours des débats.

Le trajet entre Meillerie et Bouveret permit de consta-

[1] Réunion extraordinaire à Lausanne et dans le Chablais. *Compte rendu des séances*, 1901, p. 83-112, et *Bull. soc. géol. France*, NS., t. I, 1902, p. 677-722.

Digitized by Google

ter la superposition réelle du bord N des Préalpes par sa base triasique sur la Mollasse rouge ou le Flysch, ce dernier étant supposé renversé. A cette occasion, on a exprimé l'idée que la Mollasse rouge devait être désignée sous le nom de *Flysch rouge*. Puis suivent les anticlinaux penchés, avec écrasement du flanc N, du Grammont, de Vouvry et d'Utane, et près de Monthey les plis couchés autochtones d'Urgonien et de Néocomien sous la Molasse rouge. M. Haug pense que cette Mollasse rouge, au lieu de joindre celle du Bouveret *par-dessous* les Préalpes, comme le veut la théorie du recouvrement, devait plutôt passer *par-dessus* cette région, sans perdre son caractère d'identité de part et d'autre; la distance qui sépare les deux points où elle s'enfonce sous les Préalpes est suffisante pour admettre là la racine d'un éventail composé! M. Steinmann fait aussi une observation analogue.

La suite des excursions, partant de Champéry dans le val d'Illiez, conduit dans la région des klippes laminées de Savonnaz, de Culet et de Ripaille, suivies d'une série de petits lambeaux ou klippes triasiques et liasiques dépendant de la zone interne des Préalpes et d'autres des Préalpes médianes, ici presque entièrement laminées.

Le passage entre le massif de Tréveneusaz et la zone de brèche d'Onnaz (bord interne des Préalpes), montre la superposition de la Brèche du Chablais (montagne d'Onnaz) sur le Flysch avec une lame de schiste à *Posidonomya* dans ce dernier, qui repose à son tour sur la série normale de Crétacique, de Malm et de Trias du massif de Tréveneusaz. La direction d'un pli-faille, qui atteint ce dernier sous le massif de la Brèche et dont la direction est parallèle aux autres plis, est contraire à l'idée que Tréveneusaz présenterait un déversement vers la vallée du Rhône.

Dans la discussion qui a suivi à Thonon, divers géologues émettent leur opinion sur les constatations faites. M. Kilian compare les phénomènes de recouvrement des Préalpes à ceux du Briançonnais, où les recouvrements exotiques précédemment admis par M. Termier se transformèrent en plis étirés, dont les racines existent. La découverte d'une « racine » des Préalpes dans le massif du Wildstrubel parlerait contre un charriage lointain.

M. Haug, se basant sur cette même découverte et l'existence d'un faciès schisteux du Néocomien, proclame l'« effondrement » des arguments stratigraphiques concernant le contraste entre le faciès préalpin et le faciès helvétique. Les

Digitized by Google

arguments tectoniques n'ont pas plus de valeur, tout ce qui est connu jusqu'à ce jour peut se concilier avec son explication tendant à représenter la structure des Préalpes par un « éventail composé imbriqué. » Il affirme en tout cas que l'origine transalpine des Préalpes est aujourd'hui condamnée, bien que la dite racine ne concerne que la bande interne des Préalpes et non la grande masse de celles-ci. Toutefois, il n'hésiterait pas à abandonner sa manière de voir, si d'autres découvertes venaient à être faites, mais, en attendant, les faits constatés jusqu'ici ne permettent pas de trancher la question dans un sens ou dans l'autre.

Les quatre derniers jours ont été consacrés à l'étude de la Brèche du Chablais et aux Préalpes de Savoie dans lesquelles sont entaillés les divers embranchements de la vallée de la Drance. On voit le contour, simulant le front d'un pli couché, qui marque le bord N de la masse de Brèche, la nature particulière de cette formation, tantôt brèchoide, tantôt calcaire à faciès échinodermique, même coralligène, en tout cas d'eau peu profonde littorale.

Les gisements de roches éruptives en forme de blocs et lambeaux isolés englobés dans le Flysch, ont pu être visités partiellement, de même que le gisement houiller de Tanninges.

Dans un mémoire plus étendu servant d'argumentation plus complète de l'hypothèse du charriage des Préalpes, M. Lugeon donnera un travail d'ensemble sur la relation entre les Préalpes et les plis des Hautes-Alpes en Savoie et en Suisse (voir *Revue géol.* pour 1902).

L'étude stratigraphique des terrains mésozoiques de la **Chaîne du Niremont**, en vue d'une monographie paléontologique des fossiles néocomiens de cette région, a amené M. Sarasin [1] à la constatation que les lames de Barrémien, Hauterivien, Valangien supérieur, de Berrias (Valangien inférieur) et de Jurassique intercalées dans le Flysch, ne sont pas des replis à proprement parler, mais bien des écailles superposées les unes au-dessus des autres et séparées par des surfaces de glissement.

Entre le Flysch et le Crétacique inférieur, il n'y a aucune formation pouvant être attribuée au Gault ou à l'Aptien.

[1] Ch. Sarasin et Schöndelmayer. Etude monographique des Ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis. *Mém. soc. pal. suisse*, 1901, t. XXVII. *Archives Genève*, t. XII, p. 650.

Digitized by Google

M. KEIDEL [1] a étudié la géologie du groupe de la **Hornfluh** et des **Spielgerten**, sur les deux flancs avoisinant la vallée de la Simme. Il y a reconnu la série des roches caractéristiques à la zone sud des chaînes calcaires des Préalpes. *Trias*, formé de gypse, calcaire dolomitique et cornieules, suivi de calcaire à crinoides rose attribué au *Lias* [2], *Dogger* à *Mytilus* et calcaire sableux, supportant le *Malm*. Cette série, qui constitue le groupe proprement dit des Spielgerten, contraste avec celle du Kumigalm et de la Hornfluh, qui présente sur le Trias la formation de la Brèche de la Hornfluh (= br. du Chablais), qui est accompagnée de schistes calcaires.

Dans la région des Spielgerten, le Crétacique est représenté seulement par les « couches rouges » qui surmontent directement le Malm. M. Keidel affirme que les couches rouges recouvrent aussi la formation de la brèche de la Hornfluh !

Quant au Flysch, l'auteur constate que Ischer, trompé par l'absence d'éléments bréchoides qui caractérisent le Flysch du Niesen, a indiqué ces schistes marneux, micacés, tantôt comme Lias, tantôt comme Crétacique. Il est signalé la présence de blocs de diabase (porphyrite) sur le versant E de la vallée de la Petite Simme, au S de Zweisimmen.

Après cette orientation stratigraphique, l'auteur examine la tectonique de cette région. Il en donne deux profils transversaux allant du contact anormal S du Trias sur le Flysch jusqu'à la vallée de la Simme au N. Il constate, outre la superposition anormale du Trias de toute la région, la structure en écailles aussi dans les divers complexes de sédiments qui constituent les Spielgerten et le groupe de la Hornfluh; cette forme de dislocation prédomine plus que les plissements. Sur le bord S du groupe des Spielgerten, on voit alterner le calcaire dolomitique et la cornieule, ce qui atteste la structure imbriquée.

La Brèche de la Hornfluh alterne avec le Flysch, pour la même raison. Mais il y a, en outre, plusieurs accidents transversaux, tels que décrochements à rejet plus ou moins important. On en voit sur la paroi des Spielgerten, sur l'arête du Seehorn et du Frohmattgrat, où la paroi est comme hâchurée d'alternances de Malm et de couches rouges. L'arête

[1] H. KEIDEL. Ein Beitrag zur Kenntniss der Lagerungsverhältnisse in den Freiburgeralpen. *Berichte naturf. Ges. Freiburg i. B.*, 1902, t. XIII, 23-39.

[2] Cette « brèche à crinoides » n'est autre chose qu'un calcaire dolomitique spathique formant des intercalations dans les calcaires dolomitiques du Trias ! (H. Sch.)

Digitized by Google

des massifs calcaires des Spielgerten au bord de la vallée de la Simme serait aussi dûe, selon l'auteur, à un accident transversal. Ces décrochements (Blätter) sont considérés comme étant en relation avec la formation des écailles. Il conclut catégoriquement que la force qui a poussé ces écailles les unes sur les autres, *doit avoir agi du NW au SE.*

L'auteur admet, en parlant de l'origine du Flysch, que la mer du Flysch peut parfaitement avoir été interrompue par des zones d'îlots de roches cristallines qui, après avoir fourni au Flysch ses roches cristallines, seraient devenues les amorces pour les chevauchements ayant conduit à la structure imbriquée. En considérant que la zone des Playades-Niremont recèle d'après M. Sarasin, aussi une structure imbriquée, il en déduit que cette zone extérieure des Préalpes pourrait bien représenter un équivalent à la région imbriquée interne des Spielgerten-Hornfluh, en marquant une *seconde ligne de chevauchement*, bordant la Mollasse, comme l'autre borde la zone du Flysch du Niesen. Les chaînes calcaires entre deux constitueraient donc bien un éventail imbriqué composé, comme l'admet Haug!

M. Lugeon[1] annonce qu'il a découvert dans la région du **Wildstrubel** des lambeaux et des plaques de recouvrement dépendant d'un pli ayant racine dans la vallée du Rhône, qui, d'autre part, se continue jusqu'aux écailles jurassiques de la zone dite des cols, dans la région des Préalpes. Ce serait, selon lui, une *racine des Préalpes suisses.*

MM. Lugeon et Rœssinger[2] ont fait connaître les premiers résultats de leurs recherches sur la **géologie de la Haute Vallée de Lauenen**, au contact des Préalpes et des Hautes-Alpes calcaires.

Ils y distinguent quatre zones d'après les terrains qui la constituent.

1. *Zone de la Brèche à Echinodermes.* Enchevêtrement de Flysch et de calcaire jurassique (Dogger ou Lias), associé à du Trias; marnes bariolées, cornieule, calcaire dolomitique et gypse.

2. *Zone des schistes à Posidonomyes.* Association de Flysch et de schiste du Lias supérieur, avec Lias inférieur ou Dogger et Trias.

[1] M. Lugeon. Sur la découverte d'une racine des Préalpes suisses. *C. R. Acad. sc. Paris*, 17 janv. 1901.

[2] M. Lugeon et G. Rœssinger. Géologie de la Haute Vallée de Lauenen. *Archives Genève*, t. XI, p. 74-78. *C. R. soc. vaud. sc. nat.*, 3, VII, 1900.

Digitized by Google

3. *Zone des marnes oxfordiennes*. Association de Flysch, calcaire du Malm, marnes oxfordiennes à fossiles pyriteux et Trias.

4. *Socle des Hautes-Alpes calcaires*, à faciès helvétique, avec Nummulitique, Urgonien, Néocomien.

Le Flysch est partout formé d'une association de schistes, grès, brèches à éléments sédimentaires et cristallins.

Au point de vue tectonique, la caractéristique de cette région peut, malgré le dédale apparent des terrains, se résumer comme suit : ce sont des successions de lames mésozoiques imbriquées, nettement mises en contact par des surfaces de glissement et qui s'appuyent, les unes sur les autres, souvent en répétition et séparées par du Flysch.

Les écailles s'appuyent, zone par zone, dans l'ordre énuméré, sur les plis des Hautes-Alpes, en se moulant autour de ceux-ci et s'introduisant même dans les synclinaux à faciès helvétique. En outre, les allures des plis Hautes-alpins réagissent sur la disposition des écailles des Préalpes.

Les auteurs rappellent que les terrains mésozoiques, intercalés dans le Flysch de la zone des cols, se retrouvent, avec les mêmes faciès dans la zone extérieure bordant le bassin miocène.

A un point de vue général, la tectonique de la région de Lauenen consiste dans la formation d'écailles multiples, sans charnières visibles, avec écrasement fréquent de ces écailles, se traduisant par le laminage des terrains tendres et la fragmentation des bancs durs, amenant la formation des klippes jusqu'à celle de brèches de dislocation.

Les auteurs envisagent les hypothèses que l'on peut édfiier pour expliquer cette situation singulière. On pourrait y voir des terrains en place chevauchant contre et sur le bord des Hautes-Alpes, ou bien des lames de charriage entraînées par la marche en avant des Préalpes médianes et écrasées entre celles-ci et les Hautes-Alpes, ou bien encore comme des plis indépendants venus du S. Cette dernière explication leur paraît être la plus satisfaisante.

Un résumé de cette étude a été présenté par M. Rœssinger [1] à la Société vaudoise des sciences naturelles (3, VII, 1901). L'auteur prépare un travail plus détaillé sur cette contrée.

[1] *Archives Genève*, 1901, XII, p. 534.

Digitized by Google

Blocs exotiques. — M. G. RŒSSINGER [1] a signalé des **blocs de roches cristallines exotiques** dans le massif de la **Hornfluh**, au-dessus de Gessenay. M. A. BONARD, qui en a fait l'analyse pétrographique, désigne cette roche comme ophite ou gabbro hypoabyssal. Dans un note, publiée en commun, ces deux savants décrivent d'abord le gisement qui est situé sur le flanc E de la Hornfluh, à l'endroit nommé Wittern. Un fragment d'une autre ophite, identique à celle de Wittern, a été trouvé près de Weissenfluh sur Gstaad.

Le Flysch qui encaisse les pointements de Wittern a fourni un échantillon qui est nettement hétérogène et correspond à un poudingue. Un autre échantillon est un grès à ciment calcaire.

La roche éruptive elle-mème, soit celle de Wittern, soit celle de Weissenfluh, est une ophite ou gabbro hypoabyssal à grain moyen. La couleur verte est due à l'abondance de la chlorite. Le feldspath est probablement de l'albite ayant remplacé un feldspath plus basique. La chlorite résulte d'un pyroxène. Il y a des traces de microcline, de biotite, de sphène, du fer titané et de l'apatite.

L'absence de toute métamorphose de contact et la fréquence de l'effet du laminage permettent d'affirmer que cette roche a été entraînée par voie mécanique dans le Flysch.

M. SCHARDT [2] a signalé une série de **blocs exotiques dans le massif de la Hornfluh** qui viennent augmenter notablement les exemples cités par M. Rœssinger. C'est sur l'arête de Flysch qui s'élève de Zweisimmen jusqu'au Rinderberg que se trouvent ces gisements. Il y en a d'abord toute une série de pointements visibles sur le sentier et à côté de celui-ci, près de Im Fang, à la cote moyenne de 1200 m. Les affleurements se poursuivent sur 500 m. environ et sont si rapprochés que l'on pourrait les attribuer à une seule masse ou lame pointant au milieu du Flysch. Entre Eggenweid et Rinderberg, dans la forêt, il y a encore deux rochers visibles de loin, formés par la même roche, qui est une roche basique verdâtre (porphyrite). Ici, le contact avec le Flysch est très net. C'est un enchevêtrement dynamique, sans aucun métamorphisme

[1] GEORGES RŒSSINGER et ARTHUR BONARD. Les blocs cristallins de la Hornfluh. *C. R. soc. vaud. sc. nat. Archives Genève*, 1901, XII, 541. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, t. XXXVII, 1901, 471-478. 1 pl.

[2] H. SCHARDT. Les blocs exotiques du massif de la Hornfluh. *Eclogæ geol. helv.*, VII, 1901, p. 196-198. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, t. XXXVIII, p. 49-52.

Digitized by Google

de contact. Un amoncellement de blocs se voit encore près de l'arête, non loin des chalets du Rinderberg.

Enfin, sur le flanc E de la même arête, au-dessus de Moosbach, près du pont de Blankenburg, il y a deux lames lenticulaires de roches vertes enchassées dans le Flysch. Ici, de même, sans aucun métamorphisme de contact.

Il s'agit évidemment de lambeaux ayant existé sous la nappe de la brèche jurassique de la Hornfluh, qui repose elle-même sur un socle de Lias fossilifère et de calcaire triasique, blocs qui furent entraînés dans leur situation actuelle lors du charriage de la nappe de brèche.

Brèches du Flysch. — M. Bonney [1] a comparé les **brèches du Flysch des Alpes suisses** à certaines brèches d'origine encore énigmatique, tels que le Rothliegende, les brèches du Devon et du Thuringerwald, où des matériaux anguleux ou subanguleux sont interstratifiés à des lits à éléments plus fins. Ce sont des dépôts côtiers bordant des terres fermes et se terminant au large en forme de coin. On les a attribués à des éboulements plutôt qu'à des torrents de montagne. D'autres ont fait intervenir des glaciers ou des glaces flottantes, sans pouvoir trancher la question définitivement. Il rappelle aussi les brèches de Gibraltar, des îles Falkland, de Perse et d'autres parties de l'Asie centrale, etc.

De telles brèches, — le Rothliegende et les brèches triasiques, — peuvent être considérées comme témoignant d'un climat continental.

L'explication des brèches du Flysch se heurte contre le dilemme, ou bien le climat à l'époque de leur formation était le même qu'aujourd'hui et il y avait là un vaste district élevé de terre ferme, dont aucun reste n'est plus visible dans le voisinage des brèches, ou bien elles proviennent d'une chaîne pas moins élevée que les Alpes actuelles, mais qui a disparu sans même qu'on en puisse fixer l'emplacement. Mais dans ce dernier cas aussi on doit conclure que la température de cette époque n'était en tout cas pas inférieure à la présente.

Alpes calcaires orientales.

L'origine de la **vallée du Rhin** et de ses embranchements a été traitée par M. Rothpletz [2]. Nous avons mentionné déjà

[1] T.-A. Bonney. On the Relation of certain Breccias to the physical Geographie of their age. *Proc. geol. Soc. London*, 1901-1902, N° 754, p. 48.

[2] A. Rothpletz. Ueber die Entstehung des Rheinthales oberhalb des Bodensees. *Ver. f. Geschichte des Bodensees*, etc., fasc. 29. 1901.

Digitized by Google

son opinion d'après laquelle l'origine de la vallée du Rhin serait due à des effondrements (Graben). Une bande d'affaissement aurait déterminé l'emplacement de la vallée du Rhin antérieur et une faille verticale courant le long du tronçon S-N de la vallée, jusqu'au lac de Constance, aurait provoqué le tracé du cours du Rhin à partir du coude, près de Coire. Le rejet de cette faille correspondrait a un affaissement considérable de la lèvre E. Enfin la vallée de la Sees serait tracée par une faille longitudinale avec affaissement du flanc S. Les fissures de la vallée du Rhin semblent s'être produites les premières; c'est la formation de la faille du lac de Wallenstadt qui a motivé l'écoulement momentané de l'eau par la dépression Wallenstadt-vallée de la Linth. Les cônes de déjection torrentiels barrent cette vallée et rejettent le Rhin dans son ancien cours. Des affaissements dans la partie N des Alpes transformèrent la vallée du Rhin et son ancien embranchement, la vallée de la Linth, en un vaste lac en forme d'Y, comprenant la vallée de la Linth, le lac Bodan et la vallée du Rhin jusqu'à Coire. La division de ce grand lac en plusieurs bassins séparés (Zurich, Walen, Bodan), puis le comblement de la vallée du Rhin de Coire à Bregenz, sont l'effet de l'alluvionnement qui tend, aujourd'hui encore, à réduire de plus en plus le domaine des eaux lacustres.

A la suite de son mémoire sur la géotectonique des Alpes glaronnaises, M. Rothpletz[1] vient de publier un nouveau travail sur **la zone limitrophe entre les Alpes occidentales et orientales**, siège des grands couvrements du Rhæticon. Dans l'introduction, l'auteur compare les régions alpines, dont la tectonique compliquée n'a pas encore été éclaircie à ces sommets toujours entourés de brouillards, d'où la vue est bornée et obscurcie. Le but de cette recherche est d'essayer de dissiper ce brouillard et de faire jaillir la lumière. Il remarque que de telles régions embrouillardées suivent précisément les limites politiques des pays; telles la région limitrophe entre la France et l'Italie et celle du contact entre les Alpes bavaroises, autrichiennes, suisses et italiennes! Il rappelle l'important enfoncement de la vallée du Rhin encaissée entre les Alpes occidentales et orientales si différentes par leurs faciès

[1] A. Rothpletz. Geologische Alpenforschungen. I. Das Grenzgebiet zwischen den Ost- u. Westalpen u. die rhætische Ueberschiebung. *München. J. Lindauersche Buchhandlung*, 1900, 174 p., 69 fig., 5 pl.

Id. Der Rhæticon u. die grosse rhætische Ueberschiebung. *Zeitsch. d. deutsch. Geol. Gesellsch.*, 1899, 86-94.

Digitized by Google

et leur tectonique. Dans ces régions où la lumière fait besoin les questions surgissent à chaque pas. Où sont les racines des grands recouvrements? La classification du Trias de cette région est à refaire, et tant que cela n'est pas le cas, on ne saurait débrouiller les complications tectoniques!

Certaines grandes lignes peuvent cependant être établies dès maintenant, c'est ce que M. Rothpletz essaie de faire.

Dans la première partie, il décrit la série stratigraphique qu'il classe comme suit : FORMATION DU GNEISS, avec micaschistes et schistes amphiboliques. Certains de ces terrains ont été assimilés par Theobald aux schistes de Casanna.

PERMIEN. Sernifite, Röthidolomit, Quartenschiefer. (M. Rothpletz considère ces deux dernières formations comme étant inférieures au grès bigarré ou Werfenien.)

TRIAS. *a*) *Rhœticon.* Grès bigarré, cornieule et dolomite, Muschelkalk (Conchylien, formé d'alternances de calcaires à crinoides et de calcaire plaqueté), couches de Partnach, c. de l'Arlberg, c. de Raibl, Dolomite principale, c. de Kœssen, calc. du Dachstein.

b) *Grisons* NE. Grès bigarré, Muschelkalk, Dolomite, couches de Kœssen.

LIAS. Faciès schisteux de l'Algäu, faciès d'Adnet (calcaires rouges) et faciès des schistes grisons avec conglomérats polygéniques (Falknis). Quant à ce dernier faciès, il faut rappeler que l'accord est loin d'être conclu; car, suivant les géologues, les schistes grisons sont tertiaires, jurassiques ou paléozoiques. M. Rothpletz admet les trois possibilités en même temps, suivant la région. C'est donc un des problèmes encore obscurs.

MALM et DOGGER. Le Malm paraît représenté par le faciès tithonique.

TERTIAIRES. Schistes du Flysch avec intercalations de

ROCHES ÉRUPTIVES. Serpentines et basaltes (connus dans la littérature sous le nom de spilites, diorites, diabases, etc.).

L'auteur examine et discute ensuite la situation tectonique de la région. Il ne nous est naturellement pas possible de rendre ici point par point ses descriptions si détaillées, illustrées, en outre, par de nombreux croquis et profils. Il en ressort que dans le Rhæticon il y a sur toute la longueur, entre Vaduz et Klosters, superposition anormale du Trias sur le Tertiaire (Flysch). De même aussi sur le versant N. La

Digitized by Google

carte tectonique fait ressortir le fait d'une manière frappante; les profils géologiques comblent les détails que la carte, plutôt schématique, ne peut pas donner. Le Rhæticon proprement dit, qui s'avance comme un promontoire entre la vallée de Montafon et le Prättigau, présente comme plus ancienne formation le grès bigarré, suivi du Muschelkalk, des couches de l'Arlberg et de Raibl, du Hauptdolomit et du Rhétien. Le sommet du Scesaplana offre même un peu de Lias. Toutes ces formations en superposition normale présentent, au-dessous de la couche la plus ancienne, du Flysch à fucoides visible jusque près de Klosters. Mais les accidents locaux sont sans nombre. D'abord le plan de superposition anormale ou plan de charriage (Ueberschiebungsfläche) est incliné. Il s'enfonce d'une manière générale de l'W vers l'E. La masse en recouvrement est repliée d'une manière intense par place. Des failles l'entrecoupent et la morcellent en fragments dénivelés. Deux de ces failles sont orientées W-E et vont en convergeant dans la direction de Bludenz (vallée de Montafon). Elles commencent au-dessus de Vaduz et de Malbun, au bord de la vallée du Rhin, et divisent la plaque du Rhæticon en trois bandes affaissées du côté N. Le Falknis lui-même paraît appartenir à un fragment en surélévation, délimité par deux failles, qui se prolongent jusque près du Seehorn sur Schruns. Outre ces fissures, il y a des plis-failles qui provoquent la formation d'écailles.

Le contact anormal par recouvrement ne s'arrête pas à Klosters; il se dirige de là au SW jusqu'à la Lenzerheide pour prendre ensuite une direction W-E, dessinant des sinuosités profondes sur l'emplacement des vallées d'érosion, jusqu'au lac de Silvaplana, d'où il se continue encore le long du pied SW du massif de la Bernina. Ainsi l'arête du Lenzerhorn, qui sépare le Prättigau et la dépression de Churwalden-Lenz de la vallée de Davos, forme le front d'une plaque de recouvrement prolongeant celle du Rhæticon, mais infiniment plus disloquée, entrecoupée non seulement de failles, mais aussi d'innombrables plis écrasés isoclinaux, plis-failles et écailles. Plus au NE, les massifs de l'Albula et de la Bernina participent au recouvrement! La seule différence d'avec la plaque du Rhæticon est que le Flysch qui forme le substratum de celle-ci, est remplacé par les schistes grisons liasiques à partir de la région de Klosters jusqu'au Schwarzhorn. Dans la vallée de Davos seulement et le long de la Lenzerheide, le Flysch du substratum se retrouve, mais il est aussitôt remplacé plus à l'E par les schistes grisons paléozoiques.

Digitized by Google

Les schistes du Flysch du substratum paraissent remplir des synclinaux dans les schistes grisons liasiques et avec ces derniers dans les schistes grisons paléozoïques. Au milieu de ceux-ci surgissent des pointements de gneiss, ce qui attesterait la présence d'anticlinaux.

M. Rothpletz consacre encore un chapitre spécial au Calanda, qu'il considère comme faisant partie non pas du grand pli glaronais, mais du substratum basal de celui-ci. Un profil partant de Haldenstein, au bord de la vallée du Rhin, jusqu'à Vilters, au bord de l'autre branche du coude du Rhin, accuse la présence de pas moins de six anticlinaux, jurassiques au SE et crétaciques au NW, séparés par autant de synclinaux, tant crétaciques que tertiaires.

Quant au Fläscherberg, M. Rothpletz le considère bien comme la continuation de la zone des Churfirsten, qui fait partie de la nappe glaronnaise; il conteste, par contre, son ancienne connexion avec le Calanda, qui appartient à la masse basale de cette nappe.

En résumé, l'auteur constate que les montagnes basales du Rhæticon étaient parcourues par une limite de faciès courant de l'E à l'W en séparant le faciès helvétique du côté N (avec Nummulitique et Crétacique) du faciès australpin au S, où le Flysch repose sur le Tithonique et le Lias et celui-ci sur le Trias, assez différent de celui du faciès helvétique. Au sud de cette ligne, il a dû y avoir retrait de la mer dès le dépôt du Lias jusqu'au moment où la mer tithonique est revenue envahir la terre ferme. La mer s'est retirée de nouveau pendant toute la période crétacique, jusqu'à l'époque de la formation du Flysch. Ces mouvements ont dû produire des discordances que l'on retrouve réellement. La présence de dépôts polygéniques dans le Lias prouve même l'existence, déjà pendant cette époque, de terres fermes avec affleurements granitiques, tandis qu'au N (faciès helvétique) la sédimentation a été continue. L'émersion définitive coïncide avec le plissement alpin; les plis sont orientés essentiellement du SW au NE.

La masse supérieure du Rhæticon gisait autrefois à au moins 30 km. à l'E de sa place actuelle. Son arrivée dans sa position actuelle s'est accomplie le long d'un plan de glissement. Le Flysch se retrouve aussi dans cette région supérieure, mais en masses très réduites et en discordance sur le Tithonique, le Lias, le Trias et le Permien. Le Tithonique ne se trouve que dans le Rhæticon méridional et dans l'Engadine. Fait singulier, le Lias et le Tithonique semblent s'exclure mu-

Digitized by Google

tuellement. Dans le Rhæticon septentrional, le Trias repose partout en discordance sur les couches plus anciennes ; toutefois, les schistes paléozoiques y font défaut et ne se présentent que plus au S. Le N était donc émergé pendant cette époque; ce n'est qu'à l'époque permienne que la mer y est revenue (Sernifite). Le S du Rhæticon, où le Trias fait défaut, peut être considéré comme ayant été un prolongement de la terre ferme triasique des Alpes orientales, ou un promontoire de la terre ferme helvétique. La transgression du Rhétien est en relation avec les déplacements du rivage le long de cette zone émergée. Le plan de recouvrement est en général peu accidenté; il coupe les plis du substratum, comme ceux de la plaque de recouvrement, d'où l'on peut conclure que le recouvrement s'est produit après le plissement. D'ailleurs, on ne constate que rarement des zones de froissement, où les terrains sont broyés et triturés. Cela tient en partie à la présence de dépôts d'éboulis qui ne laissent que rarement le contact à découvert. Le mouvement du charriage doit s'être produit de l'E vers l'W et non en sens contraire.

Les failles appartiennent à plusieurs catégories. Les plus anciennes doivent être celles qui n'affectent que la masse basale ou la masse recouvrante; d'autres ont dû se produire pendant le mouvement; ce sont soit des failles verticales, soit surtout des chevauchements ayant créé des écailles. Une troisième sorte de failles est postérieure au recouvrement; celles-ci peuvent affecter à la fois la masse recouvrante et la masse basale. Les grandes failles longitudinales W-E du Rhæticon en font partie, de même que plusieurs failles transversales. La formation de certains lacs est en relation avec celles-ci.

L'auteur attribue les lambeaux et masses éruptives qui accompagnent le recouvrement rhétique à des éruptions ayant eu lieu sur place et voit même une certaine relation entre la présence de ces roches et la fréquence des sources thermales dans les Grisons. Il pose la question de la contemporanéité de ces effusions avec le recouvrement du dégagement de chaleur accompagnant cette formidable dislocation, etc., sans pouvoir prononcer un jugement.

Les relations entre le recouvrement du Rhæticon et la masse de charriage glaronnaise ressortent de la carte orographique. La nappe glaronnaise s'enfonce visiblement sous la nappe du Rhæticon. La masse basale de celui-ci appartient donc à la nappe glaronnaise; c'est celle-ci qui supporte la nappe rhétique, comme la nappe glaronnaise est supportée par sa propre masse basale. La relation de part et d'autre

Digitized by Google

est parfaitement analogue. La valeur du recouvrement glaronnais étant de 40 km., chaque point de la nappe rhétique, dont le rejet est de 30 km., s'est donc déplacé de l'E à l'W de 70 km.!

M. Rothpletz conclut que l'âge de ces recouvrements doit être postérieur au plissement alpin, bien qu'on ne puisse pas fixer exactement l'époque de l'ère tertiaire (oligocène, miocène?) qui a vu se produire ces dislocations.

Il revient enfin à parler des failles de la vallée du Rhin et celles de la vallée du lac de Wallenstadt, qui sont en relation avec la genèse de ces dépressions.

Quant à la limite entre les Alpes occidentales et orientales, il semble, d'après cette démonstration, que ce n'est pas la limite occidentale de la nappe du Rhæticon qui devra être considérée comme telle, puisque la masse basale qui appartient aux Alpes occidentales continue certainement au-dessous. Ici les deux régions alpines se superposent, au lieu de se juxtaposer! Il conviendrait plutôt de choisir pour cela la vallée du Rhin, le sillon d'érosion le plus profond, puisque c'est l'érosion qui a causé le modelé des Alpes et que la subdivision rigoureusement géologique des Alpes se heurte encore à bien d'autres difficultés.

Nous avons vu paraître plusieurs *guides géologiques* concernant des régions alpines limitrophes à la Suisse.

Citons d'abord le guide dans la **région du Rhæticon**, avec ses recouvrements, par A. Rothpletz[1]. Ce petit volume, dit l'auteur, est écrit pour l'ami des Alpes qui, sans être spécialiste, veut, en les parcourant, se renseigner sur l'architecture de ces belles montagnes. Il est destiné à renseigner celui-ci sur la nature des terrains et de leur superposition, sur le trajet d'un certain nombre d'itinéraires répartis sur dix-huit excursions. A ce titre, ce livre n'est pas un aperçu ou un coup d'œil sur la géologie de la région qu'il concerne; toutefois, après avoir étudié une certaine route décrite, l'amateur géologue pourra facilement s'orienter aussi là et y trouvera d'autant plus de satisfaction. Ainsi ces lacunes apparentes seront comblées.

L'auteur cite les principales publications relatives à la région qui comprend le Vorarlberg occidental et une partie des

[1] A. Rothpletz. Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Ueberschiebungen zwischen dem Bodensee u. dem Engadin. *Sammlung geologischer Führer*, X, Berlin, Gebr. Bornträger. 1902. 16°. 256 p., 81 fig.

Digitized by Google

Alpes grisonnes et glaronnaises. L'introduction contient des indications sur les roches, tant sédimentaires que cristallines, et leurs formes métamorphiques, la série des formations sédimentaires et un aperçu sur les principes de tectonique, ainsi que sur les formes particulières des dislocations que l'on rencontre dans les Alpes.

Les itinéraires des diverses excursions qui suivent énumèrent la succession des terrains, leurs contacts et mode de dislocation. Ils traversent d'abord le Vorarlberg, montrant les formations tertiaires miocènes, puis le Flysch, suivi des roches crétaciques et jurassiques à faciès helvétique de la partie basale du bord alpin. Le Flysch recouvrant ces couches plissées et faillées supporte à son tour des masses repliées à faciès austro-alpin, qui forment des écailles ou masses de recouvrement, alternant avec du Flysch et souvent morcelées par des failles. L'auteur distingue dans ces écailles celle de l'Allgäu et celle du Lechthal, qui viennent aboutir au bord de la vallée du Rhin. Plus au S se montre une troisième masse de recouvrement qui dépend du massif de la Silvretta et par laquelle le granit et les schistes cristallins de ce massif viennent se superposer au Flysch et au Lias. C'est l'amorce de la plaque de recouvrement rhétique.

Une série d'excursions traversent la partie centrale des Grisons, où d'innombrables témoins de plis couchés et d'écailles de recouvrement se succèdent jusqu'au contact du massif de la Bernina ; là les terrains cristallins sont, comme au Silvretta, en recouvrement sur les schistes grisons (paléozoique, d'après l'auteur). Le massif du Julier, de même, présenterait une superposition anormale de ses granites sur les schistes grisons plissés.

Enfin, une dernière série de jours est consacrée aux Alpes glaronnaises, sur lesquelles l'auteur a déjà fait connaître ses vues (voir *Revue géol.* pour 1898), et il jette en dernier lieu un coup d'œil sur l'origine et l'ancienne extension du lac de Constance.

De nombreuses figures, très nettes, ajoutent énormément à la clarté du texte. Ce volume rendra donc certainement d'utiles services, non seulement aux amateurs, mais aussi aux spécialistes. On aurait cependant vu avec plaisir dans ce volume une carte d'ensemble du champ d'excursion : simple carte hydrographique avec les lignes tectoniques indiquant en même temps les itinéraires décrits.

La région limitrophe entre le faciès helvétique et le faciès austro-alpin, le long du versant S du **Rhæticon**, est décrite

Digitized by Google

avec beaucoup de détails dans un mémoire de M. LORENZ[1]. C'est le complément que l'auteur nous annonçait déjà dans sa monographie du Fläscherberg, dont nous avons déjà rendu compte (*Rev.*, p. 1900). Il s'agit de la zone intermédiaire entre le Rhæticon proprement dit (la plaque de recouvrement triasique) et le faciès helvétique, dont le Fläscherberg est un des derniers témoins.

Les terrains constituant cette région sont :

I. Le FLYSCH, qui s'étend sur une grande surface le long du socle de la montagne.

II. Le CRÉTACIQUE supérieur (= couches rouges à foraminifères = Scaglia) avec *Globigerina Linaei*, dans lequel l'auteur a découvert, en outre, des Inocerames et des Bélemnites (*B. mucronata ?*). Dans cette région, les couches de Seewen du faciès helvétique font défaut.

III. Le NÉOCOMIEN supérieur, formation bréchiforme et sableuse (Tristelbreccie), avec *Orbitolina lenticularis* et les mêmes fucoides que le Flysch.

IV. JURASSIQUE. Brèche polygénique du Falknis et calcaires gris (Tithonique).

V. TRIAS. Très développé dans la grande masse du Rhæticon qui reste en dehors des limites de cette étude.

Remarquant que les faciès de cette région intermédiaire ne concordent ni avec le faciès helvétique, ni avec celui du Rhæticon proprement dit, l'auteur l'appelle « faciès vindelicien. »

La tectonique de cette région est extrêmement compliquée. Comparant les profils de M. Lorenz avec ceux de M. Rothpletz, on constate des différences d'interprétation considérables, puisque ce dernier considère la brèche du Falknis comme Lias et les « couches rouges » comme Tithonique. La brèche de Tristel, avec les schistes à fucoides, sont naturellement rangés par M. Rothpletz dans le Flysch. De ce chef, les résultats des recherches tectoniques sont absolument différentes. D'ailleurs, M. Rothpletz s'est surtout occupé des grandes lignes du recouvrement rhétique, dont M. Lorenz ne dessine que le bord. Le champ d'étude de ce dernier fait exclusivement partie de ce que M. Rothpletz a appelé la *masse basale du Rhæticon* et dans laquelle il ne figure que du Flysch et du Lias, avec des allures assez uniformes.

[1] TH. LORENZ. Geologische Studien im Grenzgebiete zwischen helvetischer- u. ostalpiner Facies. II. Südlicher Rhæticon. *Ber. naturf. Ges.*, Freiburg i. B., XII, 1901, p. 34-93. 19 fig. et 9 pl., dont une carte géol.

Digitized by Google

Les profils, tant transversaux que longitudinaux, que M. Lorenz a tracés, montrent que cette zone intermédiaire entre les plis helvétiques (plis glaronnais) et la plaque du Rhæticon sont, au contraire, le siège d'énergiques dislocations, ayant conduit à la formation d'écailles, lambeaux de recouvrement, klippes, etc. C'est une véritable *structure imbriquée* des éléments stratigraphiques résistants, avec plissements et froissements intenses des parties tendres marneuses ou schisteuses. Le Trias n'est que peu représenté. Ce sont les étages supérieurs du Mésozoique (Tithonique, Crétacique inférieur et supérieur) et le Flysch qui constituent cette zone « prérhétique. » Le Tithonique repose presque toujours, en contact anormal, sur le Flysch (klippes normales); ailleurs, il en est séparé par des couches rouges crétaciques (klippes renversées), en forme de tête d'anticlinal ou de lambeau du flanc renversé d'un pli.

Le mémoire de M. Lorenz est certainement un appoint important à nos connaissances sur cette région si compliquée. Il semble ouvrir un monde nouveau dans cette partie de nos Alpes [1].

Le guide à travers les **Alpes du Tirol** et du **Voralberg** que nous devons à M. Blaas [2] ne comprend pas moins de six fascicules, dont le premier donne une vue d'ensemble sur cette vaste région alpine qui s'étend du Pinzgau à l'E et du lac de Garda au S, jusqu'à la frontière suisse. Les quatre autres sont consacrés aux divers grands groupes : 2e Alpes bavaroises et Vorarlberg, 3e Tirol septentrional, 4e Tirol moyen, 5e Tirol méridional; enfin, un 6e fascicule renferme la liste bibliographique complète sur cette région et la table des matières. Les croquis, profils et cartes locales, au lieu d'être intercalés dans le texte, forment un 7e fascicule. Ils sont au nombre de 216, plus 2 cartes géologiques, dont une en couleurs.

Cette publication importante sera certainement vivement appréciée par tous ceux qui s'intéressent à la géologie des

[1] Comparée aux Alpes occidentales suisses, cette « zone prérhétique » est moins par son faciès que surtout par sa tectonique, absolument l'homologue de la première zone des Préalpes du Stockhorn (z. du Niremont-Gurnigel, notamment Montsalvens-Biffé), tandis que le Rhæticon proprement dit représente tectoniquement la masse des chaînes calcaires de la nappe de recouvrement préalpine, ainsi que nous l'avons déjà exprimé en 1893. Les différences de faciès s'expliquent aisément par la distance. H. Sch.

[2] J. Blaas. *Geologischer Führer durch die Tiroler- u. Vorarlberger-Alpen*, 7 fascic., 983 p. 16o, 216 fig., 2 cartes. Innsbruck. Wagnersche Universitätsbuchh., 1902.

Digitized by Google

Alpes. La partie relative au Vorarlberg (fasc. 2), qui seul est limitrophe à la Suisse, fait partiellement double emploi avec le guide de M. Rothpletz. Toutefois, le mode différent de description donne à chaque ouvrage sa valeur spéciale. Les données tectoniques, profils et croquis sont d'ailleurs empruntées, pour cette partie, aux travaux de M. Rothpletz.

La carte géologique en couleurs qui accompagne ce guide sera pour tous d'une grande utilité, grâce à son échelle de 1 : 500 000.

On saisit avec facilité le phénomène remarquable du recouvrement des terrains à faciès des Alpes orientales par-dessus les chaînes à faciès helvétique. Celles-ci, — prolongement des plis glaronnais, — s'enfoncent de plus en plus vers l'E et se terminent au bord de la vallée de l'Iller, près d'Oberstdorf, en s'enfonçant sous le Flysch. Le recouvrement du Rhæticon sur le Flysch en ressort aussi avec une évidence frappante, de même que plus au S la superposition du Jurassique, du Trias, du Permien et même du Cristallin sur ce même Flysch.

Alpes calcaires méridionales.

Une importante monographie géologique sur la région du lac d'Iseo est le produit des recherches de M. Baltzer[1]. Ce mémoire apporte autant de faits nouveaux au point de vue tectonique qu'au point de vue stratigraphique et par rapport à l'ancienne extension des glaciers dans cette région. Bien que située en dehors du territoire suisse, nous tenons à mentionner ce mémoire, qui constitue un document important pour la géologie du versant S des Alpes.

La vallée de l'Oglio et le bassin du Lago d'Iseo qui se trouve, à son embouchure, dans la plaine lombarde, sont entaillés presque transversalement aux lignes tectoniques. Celles-ci marquent des zones de plissement, soit des plis anticlinaux ou isoclinaux, soit des plis-failles ayant conduit à de véritables chevauchements ou recouvrements. Leur direction va du SW-NE ou WSW-ESE.

L'auteur distingue quatre zones anticlinales, dont la plus méridionale est déjetée vers le S et offre une structure isoclinale. C'est en amont du lac, à l'E du val Camonica, entre

[1] A. Baltzer. Geologie der Umgebung des Iseosees. *Geol. u. palaeont. Abhandlungen* (E. Koken), N. F., t. V, fasc. 2, 1901, 48 p. 4°, 5 pl, 1 carte geol., et *C. R. Soc. helv. sc. nat.*, Aarau, 1901, p. 168. *Archives*, XII, 138. *Eclogæ*, t. VII, 137, 146.

Digitized by Google

Mortera et Dosso Pesona, que se montre le recouvrement par lequel le gneiss sériciteque, supportant du Trias, est venu se superposer à un anticlinal de Permien et de Trias. Ce recouvrement indique nettement un mouvement NE-SW d'une amplitude de 7 km. au moins.

Outre le plissement principal, M. Baltzer a observé aussi des rides transversales.

Le lac d'Iseo lui-même est franchement dû à l'érosion fluviale. C'est une vallée d'érosion, qui s'est remplie d'eau après l'affaissement en bloc d'une certaine région marginale des Alpes. Cela est prouvé par la configuration du bassin rocheux et par la présence de terrasses à inclinaison contraire, comme MM. Heim et Æppli en ont fait la constatation au bord du lac de Zurich.

L'auteur apporte d'innombrables observations sur l'occupation glaciaire de cette vallée; il figure la répartition des dépôts qui sont attribués à trois oscillations glaciaires, avec leurs moraines, dépôts fluvioglaciaires, terrasses et sédiments interglaciaires.

Le figuré des moraines terminales de la dernière et avant-dernière glaciation est particulièrement instructif par l'alignement en amphithéâtre des cordons morainiques. Ces moraines terminales n'entourent pas l'extrémité aval du lac, de laquelle sort l'émissaire, mais c'est sur le bord S de la courbure du lac, entre Clusanne et Iseo, que le glacier a débordé en dehors du sillon occupé aujourd'hui par le lac.

M. A. v. Bistram[1] a procédé à des relevés géologiques entre les lacs de Lugano et de Côme, notamment dans le **val Solda**. Ces recherches, bien que ne représentant encore qu'une ébauche de la tectonique de cette région, montrent cependant bien des divergences avec ce que renferme la feuille XXIV de la carte géologique de la Suisse. Il y a constaté la présence du Rhétien (calc. dolomitique), du Lias inférieur (calc. à (*Schlot. angulata*), très riche en Foraminifères.

M. v. Bistram a constaté que sur le versant W des montagnes de Boglia et de Bré se trouvait un accident tectonique, une faille, qui commence au bord W du lac de Lugano, un peu à l'E de Castagnola, et se poursuit par Ruvigliano et Cuneggia, jusqu'aux prolongements W des Denti della Vecchia, toujours sur territoire suisse, avec une orientation sensiblement N-S.

[1] A. v. Bistram. Ueber geologische Aufnahmen zwischen Luganer- und Comer-See. *Centralb. f. Min.*, etc., 1901, No 24.

Digitized by Google

Nous devons à M. A. Tornquist [1] un guide géologique de la **région des lacs nord-italiens**. L'auteur donne au géologue qui voudrait parcourir cette région une série de bons conseils sur la manière de s'équiper et de se préparer aux explorations sur le terrain. Il a choisi comme point de départ la ville de Lugano, sur la ligne du Gothard, pour aboutir au Vicentin et à Venise. Supposant que la plupart des excursionnistes viendraient du N, l'auteur donne au début un aperçu sur le profil géologique des Alpes centrales que traverse le voyageur entre Lucerne et Lugano; puis, avant d'aborder le sujet spécial de cet itinéraire, il donne un aperçu sur les Alpes calcaires italiennes qui se terminent sur le bord E du Lac Majeur, dont le bord W est formé de schistes cristallins. Cette région s'élargit vers l'E, jusqu'au lac Iseo, où s'amorce une conversion vers le NE. Ici commencent les Alpes calcaires vénitiennes, tandis que la section précédente s'appellera Alpes calcaires lombardes. Il donne ensuite la description stratigraphique des terrains constitutifs de cette région, comprenant toute la série depuis les schistes cristallins jusqu'au diluvien et un groupe important de roches volcaniques d'âges variés.

Un aperçu sur la tectonique des Alpes calcaires S forme la dernière partie de cette introduction. On y distingue deux sortes de dislocations: des plis normaux ou déjetés, des plis couchés, et des plis-failles, ayant souvent conduit à des chevauchements et recouvrements. Ces derniers accidents attestent toujours un effort dirigé du N au S. La différence de direction justifie la séparation des Alpes calcaires lombardes et vénitiennes; mais leur limite ne correspond pas ici à la ligne tectonique qui sépare les Alpes orientales et occidentales. Les Alpes calcaires S appartiennent entièrement aux Alpes orientales.

Les lacs italiens occupant la sortie des vallées par lesquelles l'excursionniste pénètre au sein des montagnes, l'auteur leur voue un chapitre spécial, indiquant leur profondeur, leur genèse et leur relation avec les dépôts morainiques placés à leur extrémité aval.

L'itinéraire proprement dit est divisé en cinq chapitres, groupant les régions naturelles autour d'un ou plusieurs points de départ favorables pour l'exploration.

1. Les environs de Lugano et du lac de Come compren-

[1] A. Tornquist. Geologischer Führer durch Ober-Italien. I. Das Gebirge der oberitalienischen Seen. Berlin, Gebr. Borntträger. 1902. 302 p. 16°, 30 fig., profils et cartes.

Digitized by Google

nent cinq excursions, de un à trois jours, qui permettent de voir à fond la structure de cette région avec la superposition des porphyrites et porphyres sur les schistes cristallins repliés, puis de la série triasique, jurassique et crétacique qui succède aux porphyres. Plusieurs tracés offrent d'admirables profils facilement accessibles.

2. Le groupe compris entre le lac de Lugano et le lac d'Iseo peut être vu en six excursions de un ou deux jours et offre les mêmes séries que le groupe précédent, mais avec un développement plus important.

3. Les environs du lac d'Iseo offrent les remarquables dislocations décrites récemment par M. Baltzer et d'autre part d'intéressantes coupes stratigraphiques et des gisements glaciaires.

4. Les environs du lac de Garda comportent trois excursions de un à deux jours. Sédiments du Trias, Jurassique, Crétacique, Tertiaire. Amphithéâtres morainiques, roches éruptives.

5. Les Alpes vicentines; huit excursions d'un demi jour à un jour. Trias austro-alpin en beaux profils; Jurassique, Crétacique et Tertiaire. Nappes effusives de basalte.

Des index alphabétiques des matières et des lieux terminent cette publication, qui réunit en un ensemble nos connaissances sur cette région, éparpillées jusqu'ici dans un grand nombre de recueils et d'ouvrages.

Alpes cristallines.

M. Duparc a publié, avec la collaboration de MM. Mrazec et Pearce[1], une **carte géologique du massif du mont Blanc** à l'échelle de 1 : 50 000 (topographie de la carte Barbey), qui montre avec une grande clarté la répartition des divers terrains constituant le massif cristallin entre Martigny et le col du Bonhomme, ainsi que des zones sédimentaires qui l'encadrent au NW et au SE.

Jura.

Tectonique du Jura. Nous devons à M. Fournier[2] une importante étude sur la **tectonique du Jura franc-comtois**, limi-

[1] Carte géologique du massif du mont Blanc, par L. Duparc, L. Mrazec et F. Pearce, servant de complément à l'ouvrage publié par MM. Duparc et Mrazec (1898). Edité par le Comptoir minéralog. et géol. suisse, Genève.

[2] Fournier. Etude sur la tectonique du Jura franc-comtois. *Bull. Soc. géol. France*, 1901, p. 97-112.

Digitized by Google

trophe au Jura suisse. Il constate que le Jura franc-comtois peut se diviser en six zones :

1. *Celle de la haute chaîne*, constituée par une épaisse masse de Jurassique supérieur dans laquelle s'enchâssent des chapelets de *brachysynclinaux* amygdaloides, dont le noyau est occupé par de l'Infracrétacé (Néocomien).

2. La *zone des grands plateaux*, formée de Jurassique moyen et supérieur, avec failles d'importance variable.

3. La *zone plissée du vignoble*, avec chapelets de brachyanticlinaux, séparés par des bandes synclinales faillées.

4. La *zone occidentale des plateaux*, limitant au NW la vallée moyenne du Doubs, depuis Montbéliard.

5. La *zone des avant-monts du Jura* et le pointement amygdaloide ancien de la Serre.

6. La *zone des bassins d'effondrement* des vallées de l'Ognon et de la Saône.

L'auteur montre ensuite, par des exemples nombreux, les caractères propres de chacune de ces régions. Nous nous arrêterons ici plus spécialement aux zones 1 et 2, qui seules sont limitrophes à la Suisse ou s'y retrouvent avec des caractères identiques. La haute chaîne du Jura, avec ses brachyanticlinaux et brachysynclinaux, se retrouve avec les mêmes caractères sur territoire suisse. Le renversement des pieds droits des anticlinaux conduit souvent à ces synclinaux et anticlinaux à flancs renversés, disposés en éventail. Il cite tout spécialement la vallée du lac de Saint-Point comme superbe exemple d'un synclinal à flancs renversés, et le vallon de Rondefontaine, par où passe la voie ferrée de Vallorbes à Pontarlier. Ici les flancs du synclinal néocomien sont renversés de part et d'autre jusqu'à l'horizontale et viennent simuler le flanc renversé d'un pli couché entamé par l'érosion. La suite du vallon montre cependant qu'on n'a pas quitté l'ouverture du synclinal, qui, plus loin, s'évase et forme le brachysynclinal de Métabief-Longeville. La même chaîne brachyanticlinale ne présente pas continuellement le même caractère, car les brachyanticlinaux, comme les brachysynclinaux, se succèdent en chapelets séparés par des ensellements que choisissent ordinairement les cours d'eau pour traverser les anticlinaux. C'est dans les brachysynclinaux que se trouvent les nombreux lacs et tourbières du Jura ; souvent leur fond est recouvert de dépôts glaciaires importants.

Tandis que la région 2, celle des grands plateaux, offre des

Digitized by Google

couches presque horizontales, souvent faillées, celle du vignoble est à la fois plissée et accidentée de failles assez importantes.

M. F. BÉGUIN [1] a décrit les allures du **chaînon de Chatoillon** au NE de Saint-Blaise (Neuchâtel), dont le flanc NW est compliqué d'un **pli-faille** remarquable.

On constate en première ligne que le pli de Chatoillon est asymétrique. Ses deux flancs sont à plongement inégal ; les couches du versant NW sont en général voisines de la verticale, tandis que celles du flanc SE ont un plongement qui n'est guère supérieur à 40°. La position verticale du flanc NW ne devient visible qu'à une certaine distance de la naissance du pli. Celui-ci se greffe sur le flanc SE de la chaîne de Chaumont et se dessine d'abord à Saint-Blaise même par un simple bombement des couches de l'Urgonien sur lesquelles est construit le haut du village. Bientôt on voit surgir la pierre jaune (Hauterivien supérieur), puis la marne hauterivienne indiquée par un palier très net bordant le flanc SE du chaînon en s'appuyant sur le Valangien. Celui-ci s'entr'ouvre à son tour et laisse percer le Purbeckien et le Portlandien. Ce dernier forme le sommet du chaînon encadré d'un palier purbeckien très bien accusé. C'est au point du surgissement presque subit du Portlandien que naît le pli-faille. Celui-ci met en contact, près de la Golette, le Portlandien moyen et le Valangien inférieur renversé. Le plan de glissement, plongeant à l'ESE de 45°, est directement visible, chose assez rare dans une région où les terrains détritiques superficiels et la couche végétale cachent presque constamment le sous-sol. Cet accident, dont le rejet stratigraphique est de 50 m. environ et le rejet vertical de 35 m., paraît s'éteindre plus au NE; du moins il n'est plus observable déjà près du Maley; le déjettement du pli se maintient cependant jusque au delà du village d'Enges.

La longueur sur laquelle existe certainement le pli-faille coïncide avec un écrasement très manifeste du synclinal; car, de l'autre côté du vallon de la Golette, on voit l'Urgonien supérieur plongeant au SE, distant de 25-30 m. à peine de la ligne de fracture.

L'auteur a étendu son étude sur le prolongement NE de ce pli et constaté qu'avec l'élévation il s'élargit tandis que son

[1] F. BÉGUIN. Un pli-faille à Chatollion. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXVIII, 1900, p. 206-214. 3 pl. *C. R. Soc. neuch. Archives Genève*, 1901, t. XI, 523.

Digitized by Google

flanc SE est formé de couches de moins en moins inclinées ; puis, aboutissant par le Rochoyer à la plaine de Diesse, il converge brusquement au S presque à angle droit pour se souder à la chaîne du lac, qui se poursuit parallèlement à la dépression du lac de Bienne.

Il résulte des études de MM. SCHARDT et DUBOIS [1] sur le Crétacique moyen du synclinal du Val de Travers-Rochefort, que dans les **gorges de l'Areuse**, ce synclinal est constamment compliqué par un pli-faille qui suit son bord SE. Ce pli-faille est encore fort net près de la colline qui supporte les ruines du château de Rochefort. Sur le bord opposé du synclinal la situation est généralement normale, mais l'étude du gisement albien du Baliset sur Rochefort a montré que là un pli-faille, ayant joué en sens contraire, a précisément porté le Séquanien de l'anticlinal de la Tourne (Solmont) par-dessus le Néocomien du flanc NW du synclinal, au point même ou le pli-faille de Rochefort paraît s'éteindre. Il semblerait qu'il y ait là une relation par substitution entre les deux plis-failles qui suivent les bords opposés du même synclynal.

M. SCHARDT [2] a décrit un **décrochement existant sur le flanc de Chaumont**, à environ 1 km. au NE de Neuchâtel. Cet accident est marqué par le ravin de Monruz, qui commence sous Fontaine-André et débouche au bord du lac, au pied de la colline du Mail. Il y a discontinuité franche des terrains de part et d'autre de la rupture. A Fontaine-André, le Portlandien de la lèvre SW vient se placer en présence du Valangien inférieur; plus bas, on trouve en contact le Purbeckien et le Hauterivien inférieur; le Valangien inférieur et le Hauterivien supérieur; la marne hauterivienne et l'Urgonien inférieur. Enfin, le Hauterivien supérieur de la colline du Mail est en regard de l'Urgonien supérieur et du Tertiaire existant sur la grève du lac.

Le rejet horizontal est d'environ 500 m. L'auteur indique les raisons pour lesquelles il penche à admettre un décrochement horizontal plutôt qu'une faille à rejet vertical, qui aurait pu produire le même résultat apparent, puisque les terrains sont inclinés. Cette distinction n'est pas aisée à faire, lorsqu'il s'agit de couches inclinées uniformément et que le

[1] H. SCHARDT et AUG. DUBOIS. Le Crétacique moyen du val de Travers-Rochefort. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXVIII, 1900, 129, et *C. R. Soc. neuch. sc. nat. Archives*, XI, 517.

[2] H. SCHARDT. Un décrochement sur le flanc du Jura entre Fontaine-André et Monruz. Mélanges géologiques, fasc. I, art. 2. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, t. XXXVIII, 1900, 196-214. *Archives*, XI, 1901, p. 125.

Digitized by Google

ressaut de la faille est arasé. Et, d'autre part, chaque décrochement horizontal qui se produit sur des couches inclinées donne lieu à un rejet vertical apparent. S'il s'agissait d'une faille à rejet vertical, le rejet horizontal (dans ce cas apparent) des couches ne serait pas le même partout, le plongement n'étant pas uniforme. Mais ce rejet horizontal est presque partout le même. Il y a donc probabilité qu'il s'agit bien d'un décrochement horizontal, quoique jusqu'ici le sens du mouvement n'ait pas encore pu être constaté par l'observation des stries de glissement. Cette observation pourra peut-être se faire un jour dans le petit couloir qui suit le parcours de la faille, à l'E de Fontaine-André, où quelques mètres seulement séparent les deux parois, dont l'une est du Portlandien supérieur et l'autre du Valangien inférieur.

M. le professeur MÜHLBERG [1] a entretenu la Société géologique suisse du programme des excursions de cette société à travers le **Jura bâlois et argovien**. Il a rendu compte ensuite de ces excursions, qui ont eu lieu du 6 au 10 août 1901. Le programme, ainsi que le compte rendu, ayant paru in extenso dans les *Eclogæ*, nous devons nous borner ici à une simple mention, constatant que le fait du recouvrement du Jura tabulaire, au N de la chaîne du Hauenstein-Schafmatt, par la zone du Jura plissé, est aujourd'hui un fait acquis et incontestable, grâce aux recherches et démonstrations de M. Mühlberg. Sur le bord N de la chaîne du Hauenstein, il y a même complication par la formation d'une série d'écailles (sur le tracé du tunnel du Hauenstein il y en a jusqu'à sept) n'atteignant que le Muschelkalk. Plus au N on voit, pincés entre le Trias et le Tertiaire, des lambeaux de Dogger appartenant au flanc renversé du pli primitif.

C'est avec la même lucidité qu'ont été démontrées les singulières dislocations de la chaîne de la Lägern, décrochement au N de Baden dans le flanc N du pli, lambeaux de recouvrement à proximité et près d'Ober-Ehrendingen, où le pli-faille ayant fait chevaucher le flanc N du Lägern sur le Tertiaire, se voit avec une évidence admirable.

Nous nous contentons ici de signaler la notice populaire de M. AUG. DUBOIS [2] sur la géologie des **gorges de l'Areuse**

[1] F. MÜHLBERG. *C. R. Soc. helv. sc. nat.*, Aarau, 1901, 165, et *Archives sc. phys. et nat. Genève*, oct.-nov. 1901. *Eclogæ geol. Helv.*, VII, 1902, 153-196.

[2] AUG. DUBOIS. Les gorges de l'Areuse et le Creux du Van. Ouvrage publié par la Société des sentiers des Gorges de l'Areuse. Attinger frères, Neuchâtel, 1901, chap. III : Géologie, p. 183-210.

Digitized by Google

(accompagnée d'une carte géologique et d'une planche de profils), sans en donner une analyse détaillée, une publication plus complète constituant une sorte de monographie de cette région, hier encore presque inconnue, paraîtra dans le courant de cette année.

M. v. HUENE[1] a consacré un article à l'étude de la **situation orographique aux environs du coude du Rhin près de Bâle.** Il examine d'abord la configuration topographique et hydrographique de la région. On est frappé par le fait que les deux principaux affluents du Rhin, l'Ergolz au S et la Wiese au N, ont une configuration presque symétrique. Tandis que l'Ergolz contournée au S ne reçoit des affluents que du côté du S, la Wiese, avec un alignement analogue, ne tire ses affluents que du côté du N.

L'alignement des cours d'eau a été déterminé, longtemps avant le creusement des vallées que nous voyons aujourd'hui; d'abord par les plissements dans le Jura d'une part, par les failles qui bordent le massif de la Forêt Noire et surtout par le grand affaissement de la dépression rhénane, entre la Forêt Noire et les Vosges. L'absence de cours d'eau superficiels notables dans la région du Dinkelberg et d'Andelhausen s'explique par le drainage qu'opère la Wiese.

La situation des sources de la région est toujours liée au parcours des failles. Ainsi la configuration des montagnes, le parcours des vallées, les sorties des eaux souterraines sont liés à la nature des terrains et à leur tectonique.

Gisements anormaux. — M. SCHARDT[2] a décrit un nouvel exemple de **remplissage hauterivien** dans le Valangien, près des Fahys sur Neuchâtel. Il s'agit d'un couloir ou tranchée à parois verticales, creusée dans le Valangien inférieur ayant le type du marbre bâtard, roche bien litée, compacte, de couleur blanche ou jaunâtre. Largeur : environ 20 m.; profondeur inconnue. Le remplissage consiste, dans la partie inférieure et antérieure, en un gros paquet de marne hauterivienne grise avec fossiles de cet étage. La marne est visiblement laminée, les fossiles souvent écrasés. La partie supérieure est formée par un blocage de fragments de tout volume de calcaire Valangien inférieur, de Valangien supé-

[1] S. v. HUENE. Eine orographische Studie am Knie des Rheines. *Geogr. Zeitschr.*, VII, Leipzig, 1901, 140-148.

[2] H. SCHARDT. Une poche hauterivienne dans le Valangien aux Fahys, près Neuchâtel. Mélanges géologiques I, art. 2. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, XXVIII, 184-196. *C. R. Soc. neuch. sc. nat. Archives*, XI, 1901, 524.

Digitized by Google

rieur et même de Hauterivien supérieur, le tout pêle-mêle, souvent lité dans de la marne grise que l'on prendrait volontiers pour de la marne hauterivienne triturée. Cependant, l'action d'eaux souterraines est souvent si nettement visible que cette marne argileuse est, en partie du moins, attribuable au résidu de la dissolution par des eaux souterraines. Néanmoins, les parois de la tranchée, ainsi que la surface de nombre des blocs, offrent des stries de glissement très nettes, dirigées généralement dans le sens de la pente. Dans la marne hauterivienne, ces stries se voient également avec la même direction.

La genèse de ce gisement anormal n'est pas difficile à établir. La couverture hauterivienne s'étendait autrefois assez haut sur le flanc de Chaumont, dont les couches forment une succession d'ondulations en fauteuil, où alternent des plongements de 15-20° et de 40-60°. C'est au pied d'un des gradins à forte inclinaison des couches que gît ce remplissage de blocage et de marne. Que le couloir qui le contient soit dû à l'érosion ou soit lui-même le produit d'un glissement, il n'est pas douteux que son remplissage est dû au glissement d'une masse de terrain valangien et hauterivien, qui, isolée par l'érosion, a manqué de pied. Ce phénomène est nettement préglaciaire.

MM. Bourquin et Rollier[1] ont fait une série d'observations sur un **gisement anormal de Néocomien,** mis à découvert par les travaux de terrassement qui se font à la gare de la Chaux-de-Fonds. Les auteurs constatent que la colline du Temple qui se prolonge le long du bord SE de l'esplanade de la gare a une structure encore fort problématique. Elle est formée de calcaire Valangien inférieur, ce qui est attesté par la trouvaille des fossiles les plus caractéristiques: *Natica leviathan*, Pict. et Camp.; *Pterocera Jaccardi*, Pict. et C.; *Natica Favrina*, Pict. et C. La roche est en contact avec la Mollasse marine sur laquelle elle paraît renversée. Au contact, il y a des trous de perforation de pholades. Le Valangien lui-même est fortement fissuré, de la marne hauterivienne jaune y pénètre en suivant des fissures de dislocation. Ils citent une série de fossiles caractéristiques, tels que : *Exogyra Couloni*, Defr.; *Alectryonia rectangularis*, Roem.; *Panopaea neocomiensis*, Ag.; *Cyprina Deshayesi*, de Lor.;

[1] Eug. Bourquin et L. Rollier. Notices sur les gisements anormaux des tranchées de la gare de la Chaux-de-Fonds. *Bull. Soc. neuch. sc. nat.*, XXVIII, 1900, p. 80-85. *C. R. Archives Genève*, 1901, XI, p. 525.

Digitized by Google

Terebrat. acuta, Qu.; *Rhynch. multiformis*, Roem.; *Toxaster complanatus*, Ag.

Les auteurs voient dans ce gisement une analogie avec les poches hauteriviennes des bords du lac de Bienne et du val de Saint-Imier, mais constatent toutefois qu'à la Chaux-de-Fonds le Valangien englobant est singulièrement disloqué, passant à l'état de véritable brèche, dont les éléments sont couverts de stries de glissement. L'empâtement des fragments dans une masse marneuse ressemble à une véritable injection qui pourrait être ultérieure au remplissage des poches.

Il y a, en outre, dans la même situation que la marne hauterivienne, des traînées et poches de Purbeckien, aussi attesté par des fossiles (*Planorbis Loryi*, Coq.; *Valvata Sabaudiensis*, Maill.).

Les auteurs admettent entre le Valangien et le Purbeckien des dislocations ayant détruit les relations normales entre les deux terrains et produit la pénétration des calcaires par bandes et par nids avec formation de brèches, sans que leurs lits marneux se soient éloignés d'eux. La marne néocomienne qui pénètre dans les fissures aurait subi, antérieurement à la dislocation, le phénomène d'introduction. Les brèches et les surfaces de glissement sont postérieures, soit le résultat de la dislocation.

Ils concluent que le dépôt de la mollasse a été précédé d'érosions dans la série infracrétacique déjà plus ou moins disloquée et altérée par des pénétrations diverses. Le plissement du Jura produisit ensuite le déjettement ou renversement de tous les terrains avec les désordres de leurs lambeaux, la formation des brèches et le brouillement constaté sur plusieurs points.

Cette même question a été étudiée par M. Schardt[1], qui compare la situation du blocage de la gare de la Chaux-de-Fonds à celui de la colline des Crêtes au-dessus des Brenets, qui se compose d'un blocage de Portlandien supérieur d'une structure tout à fait semblable et reposant sur le Tertiaire, de même que le lambeau de Malm entre Fleurier et Buttes.

Plateau miocène.

Une coupe rendue visible par le percement de la tranchée et du tunnel à travers la **colline mollassique de Marin**, au N

[1] *C. R. Soc. neuch. sc. nat. Archives Genève*, t. XII, p. 78.
[2] *C. R. Soc. neuch. sc. nat. Archives Genève*, XII, 1901, 185.

Digitized by Google

de Neuchâtel, a permis à M. SCHARDT [2] de constater que les bancs tertiaires plongeant vers le SE sont traversés de deux failles, dont le rejet est contraire. La partie intermédiaire paraît surélevée.

M. LUGEON [1] a montré à la Société géologique de France, dans le ravin de la Paudèze, un **contact anormal** de la Mollasse à Néritines (Aquitanien) et de la Mollasse burdigalienne dans le sens d'un chevauchement ayant poussé l'Aquitanien sur le Burdigalien dans la direction SE-NW. L'Aquitanien appartient à la zone de la Mollasse plissée, le Burdigalien à la zone de la Mollasse horizontale.

M. J. WEBER [2] a publié une **carte géologique** des environs du lac de Pfäffikon, compris sur la feuille 213 de l'atlas Siegfried 1 : 25 000. Cette carte, faite avec beaucoup de soin, figure non seulement les terrains constitutifs, mollasse, moraines, moraines de fond, drumlins, mais aussi les principaux blocs erratiques dont la nature est indiquée par des monogrammes, les exploitations, sources, et même les affleurements, où, sous la couche arable, le sous-sol est à découvert.

Le texte descriptif décrit la Mollasse, le Diluvien, comprenant les graviers des alluvions anciennes, la moraine de fond, formant de vastes surfaces, ici et là parsemée de drumlins, puis les dépôts d'alluvion. Il ressort de cette étude que la vallée occupée aujourd'hui par le lac de Pfäffikon devait avoir primitivement une pente uniforme du SE au NW. Aujourd'hui, grâce à des barrages morainiques, la dépression s'est remplie d'eau et l'écoulement se fait du côté S, vers le lac de Greifensee. Toutefois, l'auteur ne pense pas que les trois cordons morainiques soient les seules causes de la genèse de ce lac. Il doit y avoir eu d'autres influences, soit érosion glaciaire, sinon affaissement d'un tronçon de la vallée primitive.

[1] Réunion extraord. *Bull. Soc. géol. France, C. R.*, p. 87, N° I, 687.

[2] JULIUS WEBER. Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffiker-Sees. *Mitteil. naturw. Ges. Winterthur*, III. 1901. 35 p.

Digitized by Google

IIe PARTIE. — MINÉRALOGIE ET PÉTROGRAPHIE

par H. SCHARDT.

Minéralogie.

Minéraux. — M. C. SCHMIDT [1] a découvert dans les filons métallifères des mines de Collioux, entre Saint-Luc et Chandolin, la présence de **wulfenite**. Ce sont des filons strates essentiellement quartzeux, ayant une épaisseur maximale de 1 m. $^1/_2$. La wulfenite est en cristaux de couleur jaune-cire à éclat adamantin, en forme de tablettes quadratiques de 1 à 2 mm. qui recouvrent le quartz ou les lentilles de galène qui accompagnent le filon. Le minéral a une forte biréfringence négative et donne les réactions chimiques de la wulfenite.

Le quartz renferme, outre la galène, des rognons de blende, de chalcopyrite et de fahlerz. A côté de la wulfenite, on rencontre aussi, mais plus rarement, de la cérussite en minces cristaux prismatiques. D'après Kenngott, la wulfenite n'a été rencontrée en Suisse que dans le Grieserntthal (Uri), les mines de Saint-Luc ayant été étudiées à fond il y a environ cinquante ans, sans que la présence de la wulfenite ait été signalée. Il y a donc lieu d'admettre que ce minéral, de même que la cérussite, sont de formation récente.

M. HIRSCHI [2] a consacré aux **biotites des roches cristallines** un mémoire qui contribuera à combler une lacune dans nos connaissances sur ces minéraux.

En effet, comme le remarque l'auteur, les micas sont difficiles à déterminer par la voie optique. Le nom de biotite est en réalité un terme collectif. L'analyse chimique semble être le seul moyen de reconnaître la vraie composition de ces importants minéraux pétrogéniques.

Les recherches portent sur six roches différentes, dont on a fait l'analyse sommaire, puis, par divers procédés, on a

[1] C. SCHMIDT. Wulfenit aus der Mine Collioux bei Sankt-Luc im Val d'Anniviers. *Eclogæ geol. helv.*, VII, 139-140. 1901.

[2] H. HIRSCHI. Beiträge zur Kenntniss der gesteinsbildenden Biotite u. ihrer Beziehung zum Gestein. *Inauguraldissertation*. Zurich. 1901.

Digitized by Google

séparé de la poudre grossière les micas, objet des recherches spéciales et dont l'auteur a fait des analyses.

Les roches qui font l'objet de ces recherches sont:

1. Granite à biotite; 2. Granite à biotite et amphibole; 3. Tonalite (Grano-Diorite à biotite et amphibole); 4. Syénite à biotite; 5. Péridotite micacée; 6. Gneiss à biotite.

L'auteur étend son étude non seulement sur les micas, mais aussi sur la nature pétrographique et la composition minéralogique de chacune de ces roches. Nous ne pouvons naturellement pas donner ici les détails de ces analyses pétrographiques, d'autant moins que, sauf une, toutes ces roches ne sont pas d'origine suisse.

Pour les trois premières roches, la biotite a été la première à cristalliser. Dans la quatrième, elle vient au cinquième rang seulement; dans la cinquième, la péridotite, le mica est le second élément de consolidation. Les déterminations de la succession des divers minéraux pendant le processus de la consolidation amène l'auteur à étudier les conditions de la cristallisation des minéraux au sein d'un magma fondu et à examiner les influences qui ordonnent la cristallisation des combinaisons minérales.

Les conclusions de cette étude découlent d'une série de tableaux fort instructifs où sont représentés les résultats des analyses et déterminations.

Les diverses analyses des biotites montrent une variation très faible de la silice, de l'alumine et de la potasse; une teneur toujours assez élevée en TiO_2, qui peut atteindre près de 8 %. L'auteur propose de distinguer de tels micas ayant plus de 5 % d'acide titanique par l'adjectif « titanifère. » Le fer oxydulé est toujours en plus faible proportion par rapport au fer oxydé.

La comparaison de la composition d'un mica biotite avec celle de la roche mère montre une relation très curieuse entre le mica et les autres composants contenant FeO, Fe_2O_3, MgO et TiO_2.

Lorsque la biotite est le seul composant coloré, on peut, d'après sa proportion totale, calculer sa composition basé sur la quantité de Fe, Mg et TiO_2, contenus dans la roche. Mais, lorsqu'il y a d'autres composants colorés contenant ces éléments, il n'en est plus ainsi, et l'on constate dans ce cas que si une roche est riche en fer et pauvre en silice, le mica est au contraire plus pauvre en fer et plus riche en silice. Mais les roches riches en MgO et en TiO_2 contiennent des micas riches en Mg et Ti.

Digitized by Google

On ne peut donc pas, d'après la composition d'une roche, préjuger la nature du mica qu'elle renferme sans tenir compte des divers autres minéraux associés, leur proportion, groupement, et des propriétés optiques du mica lui-même.

La succession dans la consolidation place la biotite ordinairement au commencement de la série. Si, dans la roche 4 (Syènite a biotite et augite), le mica ne vient qu'au cinquième rang, cela tient à la circonstance anormale de sa conjonction micropegmatitique avec l'orthose, de même qu'avec l'hypersthème et l'augite.

La propriété chimique des micas vis-à-vis de certains réactifs dépend de leur teneur en fer et MgO, SiO_2 et TiO_2. La richesse en fer facilite la décomposition par l'acide chlorhydrique, les autres éléments la diminuent.

Il n'a pas été possible de trouver une relation mathématique simple entre la composition chimique des biotites et la valeur de l'angle des axes optiques. L'intensité du pléochroisme dépend de la teneur en Fe_2O_3. Sa densité augmente aussi en raison de ce composant.

L'auteur reconnaît qu'il reste encore beaucoup à faire dans le domaine où il a essayé de s'orienter. Il resterait à examiner, en particulier, si, dans une roche qui ne renferme en apparence qu'un seul mica, ce dernier ne représente pas plusieurs espèces qui ne se ressemblent qu'extérieurement ! L'inégale solubilité des paillettes d'un mica, supposé de la même espèce, dans l'acide chlorhydrique concentré paraît donner raison à cette hypothèse.

MM. Duparc et Mrazec [1] ont cherché à expliquer l'origine de l'**épidote** qui se trouve dans les roches granitiques du Mont Blanc, soit en forme de grains, soit en inclusions dans d'autres minéraux (mica, allanite, beryll, plagioclase). Généralement, on admet que l'épidote est une formation secondaire qui proviendrait de la décomposition de l'un ou de l'autre de ces minéraux (mica, feldspath). Ils tendent à se fixer à la conclusion que dans les cas envisagés par eux cela n'est pas logique et que l'épidote de ces granites est bien un minéral propre à leur phase de consolidation.

M. Baumhauer [2] a décrit un nouveau minéral, la **seligman-**

[1] *C. R. Soc. phys. et sc. nat.*, 11 juin 1901. *Archives des sc. phys. et nat. Genève*, p.

[2] H. Baumhauer. Ueber den Seligmannit, ein neues dem Bournonit homöomorphes Mineral aus dem Dolomit des Binnenthals. *Sitzungsber. der K. preuss. Akad. der Wissensch. Berlin*, 1901, 110-117. 1 fig.

Digitized by Google

nite, provenant de la dolomite du Binnenthal (Valais). On n'en connaît jusqu'ici que quelques cristaux prismatiques très petits. Il en donne de nombreuses déterminations cristallographiques. Cette espèce est très semblable à la bournonite et ressemble aussi aux sulfides de ces mêmes gisements du Binnenthal. Il est probable, d'après les analogies cristallographiques, que la seligmannite n'est autre chose que la combinaison arsenicale correspondante à la bournonite.

Pétrographie.

Roches cristallines éruptives. — M. BONARD[1] a soumis les **roches du soubassement cristallin de la Dent de Morcles** à une étude pétrographique détaillée. On sait que M. Golliez avait admis dans la zone cristalline coupée en deux par la vallée du Rhône et qui supporte de part et d'autre les plis couchés des Dents de Morcles et des Dents du Midi, une succession de plis anciens, ce qui ressortirait des répétitions de roches semblables en bandes parallèles, dessinant autant de plis isoclinaux écrasés. M. Bonard a étudié au laboratoire de l'Ecole des mines de Paris les échantillons recueillis par M. Golliez, sans autrement s'occuper de leur gisement, et sans les comparer avec celles d'autres massifs.

M. Golliez avait classé les roches du soubassement cristallin des Dents de Morcles en deux complexes : les cornes vertes (schistes chloriteux) et un complexe de schistes cristallins. Il y a dans toute cette zone d'innombrables injections filoniennes. Ce sont ces dernières roches-là que l'auteur a soumis à l'étude pétrographique, en attendant d'étendre ses recherches aussi sur les schistes cristallins et les cornéennes. Il a pu distinguer :

I. Roches de magma granitique.

A. GRANITES PROPREMENT DITS.

Ils présentent un grain fin, moyen ou grossier. Lorsque les cristaux de feldspath atteignent 3 cm. de longueur, la roche prend l'aspect d'un granite porphyroide. Les micas sont disposés par paquets ou traînées; la biotite chloritisée. Plu-

[1] ARTHUR BONARD. Etude pétrographique des roches éruptives du soubassement cristallin des Dents de Morcles-Dents du Midi. *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, XXXVII, 1901, 273-342. *C. R. Soc. vaud. sc. nat.*, 6 mars 1901. *Archives Genève*, XII, 1901, 421.

Digitized by Google

sieurs types renferment des grenats ayant la couleur de l'almandin.

Le dynamométamorphisme a laissé partout des traces très appréciables, visibles sur les cristaux de feldspath tordus, le quartz et le feldspath écrasés, les micas orientés suivant le plan de lamination. Formation de quartz secondaire recristallisé pénétrant dans les fissures. Les éléments de ces granites sont :

Essentiels : feldspaths, alcalins et quartz.

Accessoires : biotite, apatite, tourmaline, zircone, magnétite.

Secondaires : chlorite, moscovite, calcite, sphène, grenat, cordierite, rutile, ilmenite, feldspaths alcalins, orthose, microperthite, microcline, oligoclase, albite.

B. Aplites granitiques et microgranites.

Les *aplites granitiques* ont un aspect très homogène avec une couleur blanc-bleuâtre. Les unes ont des taches vertes et paraissent plus laminées; d'autres, de couleur plus claire, sont moins laminées et ont un grain moyen.

Les composants *essentiels* sont : la microperthite et le quartz, *accessoirement* de l'oligoclase, albite, biotite et apatite. zircone en grains rares avec chlorite secondaire.

Les *microgranites* sont ceux du vallon de Saint-Barthélémy et du Luisin. L'auteur les classe en 4 groupes[1] :

1. Pâte rouge et feldspaths blancs; 2. Pâte blanche et feldspaths rouges; 3. Pâte blanche ou grise et feldspaths blancs ; 4. Pâte rouge et feldspaths rouges.

Il constate que ces microgranites ont une structure porphyrique très prononcée. La pâte, quelque fin que soit son grain, est toujours résoluble, c'est-à-dire non felsitique. Elle est plus fine vers la salbande qu'au milieu. Localement, on constate une structure micropegmatitique (granophyrique).

Les minéraux *essentiels* du premier temps sont : le feldspath alcalin, le quartz.

Accessoires : biotite, apatite.

Secondaires : moscovite, chlorite, sphène, fer titané, calcite et feldspaths alcalins.

Le quartz offre de remarquables phénomènes de résorption magmatique.

[1] Ce sont évidemment les roches qui, jusqu'ici, ont été décrites sous le nom de porphyres quartzifères. Ce sont des *porphyres granitiques* (Granitporphyr des Allemands) et microgranulites de M. Duparc. H. Sch.

Digitized by Google

Les éléments de la pâte sont : feldspaths alcalins (orthose, microperthite, oligoclase, albite), quartz et moscovite.

D'autres microgranites examinés proviennent des flancs des montagnes de chaque côté de la vallée entre Saint-Maurice et Martigny. On peut les grouper aussi en quatre types analogues aux précédents, mais moins bien tranchés. Il y a en particulier un type à feldspath rose et pâte verte. La structure porphyrique est aussi nette que chez les porphyres de Saint-Barthélémy, mais la pâte est souvent granophyrique.

II. Roches de magma syénitique.

Ce sont des roches microsyénitiques à microcline microperthitique et oligoclase-albite. Couleur blanche avec ponctuation de chlorite verte.

Il y a des cristaux du premier temps qui sont :

Essentiels : feldspaths alcalins.

Accessoires : quartz, apatite.

Secondaires : chlorite, sphène, fer titané.

La pâte est microgrenue, formée d'orthose, fortement kaolinisée et allotriomorphe.

III. Roches de magma dioritique.

Diorites à andésine basique, mica et quartz, ne se distinguent guère à l'œil d'un granite à grain moyen.

Texture granitoide nette, sans quartz divisé. Les éléments constitutifs sont :

Essentiels : andésine basique, biotite, quartz.

Accessoires : apatite, allanite, zircone.

Secondaires : chlorite, moscovite, ilmenite.

L'auteur a donné de chaque minéral de ces diverses roches des diagnoses détaillées et relevé de nombreux détails intéressants et fort curieux parfois. Il ne nous a pas été possible, naturellement, de le suivre dans cette analyse.

M. Baltzer[1] a constaté que la **protogine de la Mieselen** (massif de l'Aar) prend, dans le voisinage du gneiss sériciteux, un grain plus fin et une couleur plus claire, par diminution de la biotite.

La structure microscopique de la roche accuse un mélange

[1] Baltzer. Ueber die aplitische randliche Facies des Protogins an der Mieselen, Lauteraargletscher. *Mitteil. naturf. Ges. Bern*, 1901, 70-72.

Digitized by Google

allotriomorphe de quartz, orthose avec plus de microcline et encore moins de plagioclase; peu de biotite; forte cataclase.

La cataclase est tout aussi intense que dans la protogine. C'est une roche à grain plus fin que la protogine et plus acide que celle-ci. On pourrait la nommer *protogine aplitique.*

Au contact avec le gneiss se montre le Siebengang, un filon ainsi nommé par Studer à cause de la forme du chiffre 7, qu'il présente de loin sur la paroi rocheuse. C'est une roche plus grossière que l'aplite, ressemblant à la protogine, mais plus riche en microcline, avec forte cataclase des composants. M. Baltzer avait admis primitivement qu'il s'agissait d'un effet d'étirement, soit d'un « pseudo-filon ». Mais aujourd'hui il est convaincu que le Siebengang est bien un filon, dont cependant il est difficile de s'expliquer le grain plus grossier que celui de l'aplite voisine.

Le **Gneiss granitique du Roc Noir** dans le massif de la Dent Blanche a fait l'objet d'une étude pétrographique de M. Milch [1]. L'auteur rappelle que Studer a déjà mentionné la dite roche sous le nom d'*arkésine* en la qualifiant de *granite talqueux avec amphibole.* Jurine avait nommé « arkésine » une roche du massif du mont Blanc, composée de quartz, feldspath, amphibole, stéatite et chlorite. Guyot, en parlant des roches de l'erratique du glacier du Rhône, qualifie d'arkésine une roche composée d'une pâte schisteuse et talqueuse ou chloritique vert-jaunâtre, avec nombreux cristaux de quartz, feldspath et amphibole.

Studer avait, d'autre part, exprimé la supposition que le gneiss talqueux ou arkésine était un produit du métamorphisme des schistes sédimentaires. L'arkésine ne serait qu'une forme plus cristalline du gneiss talqueux. Tandis que Jurine avait indiqué le feldspath comme un des composants essentiels, Studer lui attribue plutôt un rôle subordonné. Il tend à ranger l'arkésine plutôt dans le groupe des gneiss que dans celui des granites. Il est difficile d'extraire une définition claire et nette de la roche en question des nombreuses mentions que Studer en a faites.

La définition qu'en donne Gerlach est plus juste, sauf qu'il semble se rallier à l'opinion de Studer sur la genèse de cette roche. Il ne considère pas l'arkésine et le gneiss talqueux comme des roches d'origine différente, mais ne voit

[1] L. Milch. Ueber den Granitgneiss vom Roc Noir (Massiv der Dent Blanche, südwestl. Wallis). *N. Jahrb. f. Min., Geol.*, etc., 1901, I, p. 49-88.

Digitized by Google

entre eux qu'une différence de structure. D'après lui, l'arkésine fait partie des gneiss talqueux. En se basant sur une analyse de G. v. Rath, d'où résulte que le minéral vert feuilleté de l'arkésine et du gneiss talqueux n'est pas du talc, ni de la chlorite, mais plutôt du mica séricite, avec un peu de talc, Gerlach a introduit depuis lors le nom de *gneiss d'Arolla*, en lieu et place de gneiss talqueux, tout en conservant la dénomination d'arkésine pour des variétés plus granitoides qui seraient de véritables granites amphiboliques. M. Milch supposait donc qu'il y aurait de l'intérêt à étudier à fond ces roches en question, en vue de démontrer si vraiment elles sont d'origine éruptive, ainsi que cela paraît ressortir des définitions de Gerlach et de G. v. Rath, et non sédimentaires métamorphiques, comme le supposait Studer.

Trois preuves de l'origine éruptive ont pu être constatées par M. Milch. Ce sont : 1° La nature pétrographique de la roche ; 2° la présence de ségrégrations basiques, et 3° des inclusions schisteuses.

Le gneiss. La plupart des variétés du gneiss d'Arolla dans la région étudiée (environs de Zinal) sont fortement schisteuses, quoique localement le caractère massif soit assez prononcé. Même les variétés en apparence les plus intactes, ayant un aspect bien granitoide, présentent dans toute leur masse des traces évidentes de la compression, sous forme de traînées jaune-verdâtre ou vert foncé, qui déterminent un clivage principal dans la roche.

La composition minéralogique est absolument celle d'un *granite amphibolique.* On reconnaît sous le microscope, dans une roche du Besso, une amphibole brun-verdâtre, passant au bleu-verdâtre. La biotite ne se retrouve plus, mais doit avoir existé primitivement en petite quantité (traînées troubles non résolubles, litées dans du mica incolore et remplissant les intervalles entre les traînées vertes).

Les feldspaths ont le plus souffert du dynamométamorphisme. Peu de cristaux sont indemnes. Leur décomposition, à la fois mécanique et chimique, a produit un mélange de séricite, quartz, épidote, calcite, etc., qui forme, avec les restes du feldspath broyé, les traînées vertes de la pâte de la roche. Le quartz, en gros grains, est toujours fragmenté avec extinction onduleuse. Il y a accessoirement de la titanite, souvent épidotisée, et peut-être de l'orthite. Dans les variétés à décomposition fort avancée, on trouve des cristaux d'origine récente de feldspath potassique, quartz, bio-

Digitized by Google

tite et amphibole, au milieu des restes de la roche primitive. Voir analyse I du gneiss d'Arolla à la fin de l'article.

Cette roche est modérément acide et appartient au groupe *granitodioritique*.

Une variété du Grand Cormier, un peu plus schisteuse, diffère de celle du Besso par la décomposition inégale des feldspaths; l'amphibole a, au contraire, bien résisté; la biotite paraît avoir été primitivement plus abondante.

Parmi les variétés du Roc Noir, la plus massive a un aspect porphyrique et fibro-ondulé. Mais cet aspect provient de la décomposition d'une partie des feldspaths qui sont entrecoupés par des traînées vertes, ce qui détruit leur individualité et constitue, avec les autres produits de décomposition, une espèce de pâte verdâtre, contenant du quartz et du feldspath intact. Cette roche contient aussi de la titanite et de l'orthite. (Analyse II.)

Une autre variété du Roc Noir se distingue par de grands cristaux de feldspath ayant jusqu'à 5 cm. de longueur, avec forme cristalline bien conservée, d'où un aspect également porphyrique de la roche. Les grands cristaux de feldspath sont du feldspath potassique qui a cependant subi une décomposition, soit une régénération assez avancée.

Une troisième roche, aussi du Roc Noir, présente, à côté de la schistosité normale, une fissuration transversale, ce qui fait penser à l'auteur que peut-être la roche a subi deux temps de compression successifs ayant agi différemment.

Cette même localité a fourni encore une variété acide, avec moins de masse fibreuse verte et prédominance des minéraux verts, quartz, feldspath potassique et plagioclase en petits grains, avec peu de décomposition chimique, quoique le tout fragmenté. L'analyse atteste qu'il s'agit d'une roche à faciès plus acide. (Analyse III.)

Une roche schisteuse, ressemblant à un schiste chloriteux, qui doit avoir subi un écrasement plus avancé, doit être groupée à la suite de celle-ci, de même une roche également schisteuse, dans laquelle l'action dynamique et la transposition chimique des éléments ont eu une part égale dans la genèse de la structure feuilletée. (Analyse IV.)

Toutes ces roches ne forment qu'un groupe, soit une association issue d'un magma granitique qui a subi des effets variés du dynamométamorphisme.

Digitized by Google

Il y a aussi des *ségrégations basiques* qui sont représentées par des parties d'un vert plus foncé qui tranchent nettement avec la roche principale. Elles se composent aussi d'amphibole brun-verdâtre en cristaux plus petits que ceux de la roche principale, mais identique à l'amphibole de cette dernière. Il y a en outre du plagioclase et du feldspath non strié. Le quartz paraît provenir de la décomposition du feldspath. La titanite et l'orthite s'y retrouvent également. Au contact avec la roche principale se trouve une zone de cristaux plus grands, soit de feldspath, soit d'amphibole, qui entourent la ségrégation en forme d'auréole. Ces ségrégations ou traînées basiques ont un caractère lamprophyrique qui les rattache cependant à la roche principale par la richesse en potasse. (Voir analyse V.)

L'auteur a examiné aussi diverses *inclusions schisteuses* verdâtres de forme lenticulaire, qui ont l'aspect de fragments étrangers, entraînés dans le magma fondu, au moment de son intrusion. Les éléments constituants sont du mica clair, de l'épidote en petits grains, du mica verdâtre et de petits prismes d'amphibole bleu-verdâtre clair. L'analyse montre qu'il s'agit d'une roche primitivement argileuse calcaire. (Analyses VI et VII.)

Le gneiss se prolonge aussi, mais rarement, dans les inclusions schisteuses, en forme de filons de faible épaisseur, toujours fortement dynamométamorphosés et plissés avec le schiste.

Enfin, M. Milch décrit un filon d'*aplite* du Roc Noir, composé de quartz, feldspath potassique et plagioclase, avec épidote et chlorite, dérivant probablement des composants colorés. Le feldspath est parfois granophyrique. Le dynamométamorphisme y est aussi très prononcé. (Analyse VIII.) Ce filon offre dans ses diverses parties des variétés différant par leur grain et par leur composition minéralogique, dont une se rapproche de la roche principale.

En résumé, l'auteur conclut que *le gneiss d'Arolla du Roc Noir est d'origine éruptive* et présente la composition d'un *granite amphibolique*, passant à la diorite quartzifère. C'est donc un représentant acide de la série granito-dioritique. Les inclusions schisteuses étrangères prouvent que le granite est plus récent que les schistes ambiants.

Voici les analyses indiquées par l'auteur; elles ont été exécutées au laboratoire de chimie de l'Université de Breslau :

Digitized by Google

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
SiO_2	66.3	69.8	73.9	71.4	52.4	56.3	54.4	75.9
Al_2O_3	16.9	17.9	11.3	14.5	19.5	18.9	16.9	10.5
Fe_2O_3	5.4	2.8	3.2	2.4	7.3	4.9	5.8	1.8
FeO	1.4	1.1	1.2	1.4	4.2	1.1	1.3	1.9
MgO	1.9	0.6	1.6	1.1	2.2	2.2	2.8	1.7
CaO	2.6	3.4	4.2	2.7	6.9	7.3	9.5	3.4
Na_2O	2.7	1.4	1.2	2.4	1.9	2.2	2.8	1.7
K_2O	0.4	2.2	2.6	3.1	3.8	5.2	4.4	2.2
H_2O	1.5	0.8	1.0	0.9	1.5	1.6	2.2	1.2
	99.1	100.0	100.2	99.9	99.7	99.7	100.1	100.3

M. Bonney [1] a attiré l'attention sur la variabilité des **Euphotides** de la vallée de Saas. Leur pyroxène est parfois du diallage, parfois remplacé par de l'amphibole ou, le plus souvent, par de la smaragdite. Le feldspath est intermédiaire entre l'orthose et la saussurite. Le grenat est fréquent, ainsi que le mica.

Nous devons à M. Preiswerk [2] une étude pétrographique sur la **Serpentine du col du Geisspfad** (Valais). Il constate dans une note préliminaire que l'extension de cette masse éruptive est en réalité double de celle indiquée sur la carte géologique suisse au 1 : 100000.

Contrairement à ce qui avait été admis jusqu'ici, la serpentine ne forme pas une masse reposant dans un synclinal du gneiss, mais elle pénètre en concordance dans la roche voisine qui est le gneiss exclusivement.

La roche elle-même dérive d'une *dunite*, ainsi que l'a prouvé l'existence d'un noyau de roche intacte non serpentinisé, situé presque au centre de la masse. La roche périphérique avait probablement une autre composition et devait être riche en diallage.

A côté de la serpentinisation, on constate aussi la transformation de l'olivine et des pyroxènes en antigorite.

La trémolite est un autre produit de décomposition qui ne manque presque jamais.

M. L. Duparc avait signalé dans cette serpentine une « matière colloide » isotrope que M. Preiswerk voudrait considérer plutôt comme un produit intermédiaire entre la serpen-

[1] *C. R. Soc. géol. Londres*, 4, XII. 1901.

[2] H. Preiswerk. Der Serpentin vom Geisspfad (Ober-Wallis). *Eclogæ geol. Helv.*, VII, 1901, 123-125.

Digitized by Google

tine et la chlorite, soit un mélange intime de ces deux minéraux.

La métamorphose chimique est accompagnée partout, surtout dans la zone touchant au gneiss, d'une métamorphose mécanique visible sur les composants sous le microscope et dans la structure par la formation de serpentine schisteuse.

Dans une étude plus complète, M. PREISWERK [1] donne sur ce gisement des détails plus nombreux, notamment sur l'âge présumé de cette masse éruptive et sur les variétés diverses de roches aujourd'hui confondues en une seule masse serpentinisée.

Il discute à fond la question de savoir si la serpentine du Geisspfad appartient au gneiss ou plutôt aux schistes lustrés mésozoiques, comme nombre d'autres roches vertes des Alpes, telles que les schistes amphiboliques, chloriteux, prasinites et notamment la masse de serpentine intercalée dans les schistes lustrés près de Viège.

Il cite l'opinion de Bernhard Studer, qui s'était déjà posé cette question et qui admettait qu'en général les serpentines et roches vertes font partie du groupe des schistes calcaires. Pour la masse du Geisspfad, tout en admettant qu'elle peut appartenir au groupe des gneiss, Studer incline plutôt à la aux schistes calcaires.

La masse principale de la serpentine constitue des rochers déchirés et sauvages, qui couronnent l'arête entre le Fleschenhorn et le Pizzo Fizzo (2742 m.), sur une longueur d'au moins 5 km.

A sa base, la serpentine est en contact constant avec le gneiss, qui constitue une sorte de cuvette évasée, dans laquelle gît la masse serpentineuse; le flanc N du synclinal est plus incliné que le flanc S, localement même déjeté et renversé. Dans le sens de la longueur, on constate également un plongement centriversal, en sorte que la masse de serpentine gît réellement dans un fond de bateau en demi-fuseau. Plus à l'ouest, la situation se complique par une masse de gneiss qui vient se superposer à la serpentine. Ce gneiss supporte à son tour du schiste calcaire avec amphibolites, le tout en position presque horizontale, avec relèvement sur les bords, surtout du côté N, comme le socle gneissique. La masse de serpentine entre le Schwarzhorn et le Geisspfad, et celle qui est subordonnée au gneiss du Cherbadung, sont

[1] H. PREISWERK. Ueber Dunitserpentin am Geisspfadpass im Ober-Wallis. *Inaugural Dissertation*, Bâle. 1901.

Digitized by Google

évidemment en connexion directe. Du côté de l'W et au SW, la serpentine se termine en coin par la fusion du gneiss supérieur et de l'inférieur. Le gisement aurait conséquemment la forme d'une intercalation lenticulaire.

Mais au sommet du Cherbadung on retrouve de la serpentine, soit sous forme de lentilles dans le gneiss, soit dans le voisinage de deux lits de schistes calcaires qui sont intercalés au gneiss, mais sans entrer en contact avec ces schistes.

Au point de vue pétrographique, l'auteur reconnaît en première ligne que la serpentine change de structure et de composition depuis le contact avec le gneiss vers le centre de la masse. Au contact il y a des roches amphiboliques et aussi des roches talqueuses (pierre ollaire), puis des roches serpentineuses schisteuses. Dans les lentilles accessoires et dans la partie amincie de la grande masse intercalée dans le gneiss, tout l'ensemble a la structure schisteuse. Dans la grande masse, le centre est massif. La serpentine schisteuse conserve extérieurement la couleur verte, tandis que l'autre se couvre à la surface d'un enduit couleur rouille. L'intérieur de cette dernière est, en outre, vert olive ou gris. Dans le centre du massif, la serpentine est absolument compacte, sans clivage, ni délit. Les plans de clivage, qui conduisent peu à peu à la schistosité périphérique, sont toujours parallèles au plan de contact avec le gneiss ambiant.

La partie centrale de la masse de serpentine peut être qualifiée, d'après son aspect, de *serpentine tachetée et marbrée*, qui devient localement *absolument compacte et grenue, sans orientation des composants* (hypidiomorphe grenue).

Les parties périphériques, plus vertes, donc plus serpentinisées, sont, ou bien des *serpentines feuilletées*, ou bien des *serpentines tachetées de blanc*, qui renferment localement des *diallagites*. On peut, d'après cela, établir le groupement suivant :

1. Dunites grenues sans direction 2. Dunites marbrées.	partie centrale.
3. Serpentines tachetées . . . 4. Diallagites . . . . . . 5. Serpentines feuilletées . . .	parties périphériques.

Les *dunites grenues*, visibles entre le Rothorn et le Schwarzhorn, contiennent de l'olivine (péridote) intacte; ce sont donc les parties les moins serpentinisées du massif. L'olivine est allotriomorphe. Lorsqu'elle est fissurée par dynamométamorphisme, elle présente l'extinction onduleuse.

Digitized by Google

L'analyse prouve que ce minéral, qui est presque incolore, est bien de l'olivine. Localement, il y a un pyroxène presque incolore aussi (diallage) et naturellement des oxydes de métaux lourds (chromite). On peut donc considérer comme roche mère de la serpentine une *dunite typique* et une dunite avec chromite et diallage passant à la *wehrlite*. M. Duparc avait déjà exprimé l'opinion que la serpentine du Geisspfad dérivait d'une roche péridotique qu'il a désignée comme lherzolite; l'absence de bronzite ne justifie cependant pas cette dénomination.

Aucune des roches n'est entièrement intacte. L'olivine est toujours plus ou moins serpentinisée, en partant de la périphérie des grains et le long des fissures qui parcourent ceux-ci.

La déformation mécanique de l'olivine n'est cependant pas nécessairement en relation avec la transformation chimique. Des grains d'olivine complètement broyés sont parfois libres de toute serpentinisation.

M. Preiswerk a examiné le minéral isotrope que M. Duparc avait désigné par « matière colloide. » Il est arrivé à la conclusion que ce n'est pas un minéral isotrope, mais bien plutôt un aggrégat microcristallin d'un minéral à faible biréfringence, tel que la chlorite. Voici l'analyse chimique sommaire d'une de ces dunites pyroxéniques centrales du massif: $SiO_2 = 41{,}65\,\%$; $Al_2O_5 = 1{,}47\,\%$; $Fe_2O_5 = 2{,}03\,\%$; Cr_2O_3 traces; $FeO = 6{,}49\,\%$; $CaO = 1{,}72\,\%$; $MgO = 42{,}26\,\%$; $H_2O = 3{,}82\,\%$. Total 99,44. C'est donc une roche composée essentiellement d'olivine.

Les *dunites marbrées* (flaserige Dunite) ne diffèrent des précédentes que par le degré plus avancé du métamorphisme dynamique. Tout y est plus broyé et laminé, et la proportion de minéraux secondaires, notamment de la matière dite isotrope (chlorite), est plus grande. Le produit serpentineux de la décomposition chimique présente, dans certains cas, les caractères de l'antigorite et paraît lui être identique. Il y a même probabilité que la matière dite isotrope, considérée comme chloritique, n'est qu'un intermédiaire entre la chlorite qui est négative et l'antigorite qui est positive.

Les *serpentines tachetées*, qui avoisinent la partie centrale du massif, n'offrent que peu de minéraux intacts. Le composant essentiel est de l'*antigorite* à structure réticulée caractéristique pour les serpentines alpines, associée à un amphibole incolore, — également un produit secondaire, — dont

Digitized by Google

les cristaux atteignent jusqu'à 1 cm. de longueur. A côté de cela, il y a aussi un pyroxène primaire (diallage ?). Les serpentines tachetées sont moins riches en MgO que la roche centrale, ainsi que le prouvent les analyses de M. Duparc (30-35 % MgO), et plus riches en oxyde de fer (Fe_2O_3 4-8 % ; FeO 4-6 %). A la périphérie, la dunite passe donc à une roche voisine de la wehrlite et de la diallagite.

4. Quant aux *diallagites*, qui contiennent des cristaux de ce minéral pouvant avoir jusqu'à 5 cm. de longueur, on ne les connaît que du pied NE du Crempiollo, où les éboulis en offrent de fort beaux types. Le diallage forme presque toute la roche dans certains cas, d'autre fois la serpentine prédomine. Le diallage tend à se décomposer en amphibole incolore, ayant la même orientation cristallographique que le pyroxène.

5. Les *serpentines feuilletées*, dont la structure schisteuse est en relation avec l'orientation des feuillets de l'antigorite, se composent, outre ce minéral, de trémolite (restes du pyroxène), de calcite et d'oxyde de fer, tel que magnétite. Des schistes chloriteux avec cristaux de magnétite ayant jusqu'à 1 cm. de diamètre, sont étroitement liés aux serpentines feuilletées.

6. Les *roches amphiboliques* formant l'enveloppe intermédiaire entre le gneiss et la serpentine, n'atteignent qu'une épaisseur de quelques mètres au maximum. Elles se composent de prasinites, roches à amphibole et plagioclase, avec épidote, chlorite, titanite, etc., qui touchent directement d'une manière très tranchée à la serpentine, qui s'enrichit souvent de trémolite sur une certaine épaisseur. Le gneiss, de son côté, est influencé par ce contact; il s'enrichit d'un pyroxène jaune (diopside) qui donne à la zone de contact l'aspect d'une auréole jaunâtre. On y rencontre aussi de l'amphibole.

La serpentine renferme toute une série de roches accessoires et des formations minérales cristallisées dans les fissures.

Des filons de prasinite granatifère permettent de supposer la présence primitive de filons de Gabbro. Il y a dans la serpentine des inclusions formées de grenat et de pyroxène à structure cornéenne.

Dans les filons et fissures on a constaté : préhnite, pennine, grenats verts, asbeste avec cristaux de titanite et de grenat.

Digitized by Google

L'auteur conclut, au point de vue de la situation du gisement : Lors même que la connexion de la serpentine du Geisspfad avec les formations mésozoiques ne saurait être déclarée impossible, son contact constant avec le gneiss et la modification que cette dernière roche a subie le long du contact, prouvent que la roche mère de la serpentine (dunite, diallagite) a été injectée dans le gneiss. Les dislocations ont imprimé à cette roche une structure feuilletée qui s'accentue vers la périphérie, simultanément avec les décompositions chimiques, dont sont résultés la serpentine (antigorite), trémolite, chlorite et un minéral isotrope intermédiaire entre la chlorite et l'antigorite.

M. Kæch [1] a remarqué que les **porphyres** de la région de Lugano avaient, à plusieurs reprises, fait l'objet d'études pétrographiques, tandis que ceux de la région entre le lac de Lugano et le val Sesia n'ont jamais fait l'objet d'un travail d'ensemble. Pour le moment, l'auteur ne donne qu'un résumé des recherches qu'il a entreprises en vue de combler cette lacune.

La base des roches triasiques est formée, dans cette région, par les roches porphyriques qui se superposent à leur tour aux schistes cristallins fortement redressés. Quant aux roches porphyriques, leur situation diffère de celle des environs de Lugano par la faible représentation des porphyrites qui n'apparaissent qu'au fond des sillons d'érosion les plus profonds. Ils sont toujours privés de cristaux de quartz. Les porphyrites supportent des brèches et des conglomérats porphyritiques qui passent à des grès porphyritiques.

Les porphyres quartzifères sont également accompagnés de tufs brèchoides et de tufs porphyriques, ayant souvent une structure felsitique. Il y a lieu d'admettre que les porphyres, quoique bien plus étendus autrefois, ne formaient cependant pas une nappe continue, mais qu'ils appartiennent plutôt à plusieurs centres d'éruption.

C'est dans la nappe la plus orientale (Arona-Angera) que le porphyre offre la variété la plus cristalline, un vrai granophyre rouge brique, avec grands cristaux de quartz (5 mm.) et lamelles de feldspath.

Dans le ravin de Nespolo, au N de Grignasco, existe un porphyre qui paraît être un vrai kératophyre.

[1] Max Kæch. Vorläufige Mitteilung über Untersuchungen in den Porphyrgebieten zwischen Luganer-See u. Val Sesia, *Eclogæ geol. Helv.*, VII, 129-135.

Digitized by Google

Le porphyre se trouve aussi en filons traversant les schistes cristallins. Les plus remarquables sont ceux d'Orta. Deux filons se trouvent encore dans la vallée de Vina, dont l'un, nettement granophyrique, présente deux salbandes verdâtres de nature dioritoporphyritique quartzifère ; l'autre, avec des salbandes de même composition, offre un centre micropoikilitique. Ce sont évidemment des *filons mixtes*.

L'auteur rappelle que le filon souvent mentionné sur la route de Melano à Rovio, près de Lugano, n'est pas, comme on l'a cru jusqu'ici, un filon unique. Il est formé d'alternances trois fois répétées de porphyre rouge et d'une roche porphyritique foncée homogène, et pourrait aussi faire croire à un filon mixte. Mais il a été possible de constater que le porphyre rouge est plus récent et qu'il traverse par quatre filons le porphyre noir. Le contact est franc et le porphyre (granophyre) prend une structure fluidale au contact du porphyre noir. L. v. Buch avait admis au contraire que le porphyre noir formait des filons dans le rouge !

Nous aurons l'occasion de revenir sur les recherches de M. Kæch, lorsque aura paru le travail détaillé qu'il annonce.

Les roches de la **zone dite amphibolique d'Ivrée** ont été étudiées dans la vallée de Mastallone (Piémont) par M. R.-W. Schæfer[1]. Il y a deux zones de roches vertes, l'une, plus étroite, au NW, l'autre, plus large, au SE, ainsi que cela ressort des cartes géologiques. L'auteur rappelle les opinions variées, depuis Studer et Gerlach jusqu'aux études plus récentes de Zeller, Traverso, Porro, etc. Ces derniers concordent dans ce sens qu'ils attribuent aux roches à structure massive de ces zones une origine éruptive.

La zone étroite mérite davantage le nom de zone d'amphibolite que la grande, car celle-ci se compose essentiellement d'une diorite amphibolique et des divers produits métamorphiques de cette roche : schistes amphiboliques et schistes verts. Elle est parfois traversée de filons d'aplite dioritique ; près du Passo Baranca il y a une norite quartzifère.

La présence de lentilles de marbre sur les confins des roches basiques des deux zones, ou même au beau milieu de celles-ci, est surprenante et étrange, et ne peut s'expliquer que par un effet de lamination ou par l'entraînement des masses calcaires au milieu du magma éruptif.

Entre les deux zones de roches éruptives basiques se trouve

[1] R.-W. Schæfer. Der basische Gesteinszug von Ivrea im Gebiet des Mastallone Thales. *Tschermacks Min. u. petr. Mitteil.*, t. XVII, 495-547.

Digitized by Google

un gneiss œillé, le gneiss de Sesia. Mais au contact NW de la grande zone s'intercale une zone schisteuse, la zone de Fobello, composée de gneiss, de gneiss à graphite, micaschistes, quartzites, schistes verts, etc., dont une bordure étroite, ne mesurant que quelques mètres, est transformées au contact même avec la grande zone, en une roche très compacte à grain fin à structure cornéenne, évidemment une zone métamorphique de contact issue du schiste; c'est une cornéenne granatifère à zoisite. Au contact de la zone étroite on rencontre également une roche singulière. C'est un gneiss à grenat et sillimanite plus ou moins schisteux qui alterne avec la diorite amphibolique un grand nombre de fois.

La large zone de roches basiques, la « zone amphibolitique » proprement dite, devrait réellement être désignée comme zone à *roches noritiques dioritiques*. On y distingue dans une coupe transversale du NW au SE : norite granatifère, norite proprement dite et diorite à biotite, jusqu'à Varallo, de l'autre côté de la zone. La norite granatifère présente dans le val Rimella un faciès particulier, qui est un Gabbro à bronzite granatifère avec nombreux filons basiques. La compression tectonique y a fait naître un gneiss noritique dans le voisinage des zones d'écrasement, brèches de dislocation, failles et plans de glissement abondants. L'auteur signale un filon mixte de roche à labrador et d'une péridotite (harzburgite amphibolique ou diorite amphibolique à bronzite).

On voit ainsi qu'à la suite des indications de M. Schmidt, des travaux de Porro, Traverso et ceux de M. Schæfer, la zone, pendant longtemps si obscure, de l'amphibolite d'Ivrée prend son vrai caractère, celui d'une ligne d'intrusion d'un magma basique *diorito-noritique*. On sait que Diener l'avait considérée comme une zone d'affaissement (Graben) et que R. Zeller y avait vu de l'analogie avec un massif central.

M. Schæfer donne ensuite des diagnoses de toutes ces roches et en décrit les caractères accidentels dûs aux actions tectoniques. Une esquisse de carte en représente la répartition dans la région étudiée.

Roches métamorphiques. — La structure particulière des **marbres alpins** est, d'après M. Baltzer [1], le résultat du métamorphisme dynamique dû aux dislocations. On a aussi voulu y voir, dans une certaine mesure, une action chimique de l'eau.

[1] A. Baltzer. Ueber die mechanische Umwandlung des Kalksteins in Marmor. *Mitteil. d. naturf. Ges. Bern*, 1901, p. 67-70.

Digitized by Google

La distinction des marbres de contact et des marbres dynamétamorphisés est établie :

1° Par l'existence de ces derniers en dehors de tout contact éruptif, mais toujours aux endroits de compression tectonique énergique.

2° Par la rareté ou l'absence de minéraux de contact. Les minéraux de genèse récents sont le mica et des silicates d'alumine rouges ou verts en forme d'enduits. Donc il n'y a pas eu action de haute température.

3° Le métamorphisme de contact est nettement délimité, tandis que le dynamométamorphisme présente des contours incertains. Suivant la nature de la roche et la nature de l'action, le dynamométamorphisme produit des résultats différents.

Le calcaire noir du Malm alpin se modifie d'abord par fragmentation (brèche primaire), puis les débris deviennent cristallins et dans les interstices se forme un remplissage rouge ou verdâtre argileux luisant qui produit finalement une brèche vivement colorée (Grindelwald).

Le schiste calcaire devient par lamination, avec intercalation de feuillets colorés, riche en séricite qui garnit la surface des lamelles. Il en résulte ainsi le marbre schisteux. Le calcaire compact blanc devient cristallin. Pour la formation du marbre-brèche de Grindelwald, M. Baltzer n'admet pas l'intervention de l'eau, mais seulement l'action mécanique.

Ces marbres ne se forment que par transposition moléculaire par voie mécanique.

M. H. Preiswerk[1] a décrit un **schiste vert** du val d'Evançon (Piémont) qui est intercalé à des schistes calcaires mésozoiques. C'est une roche à l'aspect conglomeré, composée de nodules feldspathiques, lités dans une masse chloritique. Le microscope a permis d'y reconnaître en outre : amphibole, épidote, zoisite, moscovite, titanite, rutile, calcite. Le feldspath est intermédiaire entre l'oligoclase et l'albite.

M. Duparc[2] distingue dans les **schistes de Casanna** des Alpes valaisannes les types suivants :

[1] H. Preiswerk. Untersuchung eines Grünschiefers von Brusson (Piémont). *Centrabl. f. Min., Geol.*, etc., 1901, 303-308.

[2] L. Duparc. Sur la classification des schistes de Casanna des Alpes valaisannes. *C. R. Acad. sc. Paris*, 20 mai 1901.

Digitized by Google

1. *Micaschistes* et *gneiss à mica blanc*. Roches très cristallines souvent miroitantes et satinées, glandulaires dans les variétés gneissiques. Le mica et le quartz alternent dans les schistes. Le feldspath (orthose et albite), en se développant, conduit à la variété gneissique ; il paraît s'être développé après les autres éléments. Le rutile est dispersé presque partout. On y trouve, en outre, accessoirement : chlorite, grenat incolore, épidote, magnétite, sphène et hornblende.

2. *Chlorito-schistes* et *gneiss chloriteux*. Roches vertes schisteuses. La chlorite en lamelles forme un réseau qui renferme de petits grains de quartz. Le sphène est disséminé dans toute la masse. Lorsqu'il y a de l'albite le sphène et le quartz font défaut.

3. *Schistes* et *gneiss chlorito-micacés*. Chlorite et moscovite en même importance, alternant avec des zones quartzeuses. Le feldspath (orthose et albite) forme des glandules englobant la chlorite et le mica, et souvent surchargé de grenats incolores. Rutile en fines aiguilles.

4. *Schistes calcairo-micacés et chloriteux*. Se rattachent aux roches précédentes; s'en distinguent par la présence de calcite qui peut devenir très abondante. La calcite est régulièrement disséminée ou accumulée par places. Epidote pas rare. Sphène dans les variétés chloriteuses.

5. *Schistes amphiboliques*. Sont plutôt rares. Association de hornblende vert-bleuâtre avec grains d'épidote, peu de quartz, sphène, feldspath (orthose et albite) en petits grains.

6. *Schistes à glaucophane*. Appartiennent à des types pétrographiques assez différents. Le plus fréquent est une roche finement grenue ou fibreuse, grisâtre ou violacée, formée de glaucophane, d'épidote, de moscovite et de calcite. Glaucophane = 30 % de la roche. Le glaucophane alterne avec des zones chargées d'épidote, de moscovite et de chlorite avec zébrures des matières ferrugineuses opaques. Sphène localement. D'autres variétés se distinguent par le groupement des cristaux de glaucophane, de la chlorite et de l'épidote.

7. *Schistes à chloritoide*. Assez rares, avec structure semblable aux micaschistes. Masse schisteuse et froissée de grains de quartz, de lamelles de chlorite vert-foncé et de moscovite; très semblable comme structure aux schistes chlorito-micacés. Le chloritoide maclé est disséminé partout.

Ces divers types principaux sont accompagnés d'une foule de variétés ou de formes transitoires.

Digitized by Google

IIIe PARTIE. — GÉOLOGIE DYNAMIQUE.

par Ch. Sarasin.

Actions et agents externes.

Sources.

M. G. Ritter[1], dans une intéressante étude **hydrologique du canton de Neuchâtel**, fait ressortir tout d'abord le rôle très important joué par les masses disloquées et fissurées du Jurassique supérieur, qui laissent filtrer la presque totalité de l'eau tombée sur leur surface. Ce complexe essentiellement perméable, qui comprend le Portlandien, le Kimmeridgien, et le Séquanien, est supporté par les marno-calcaires compactes de l'Argovien qui arrêtent la descente des eaux d'infiltration. D'autre part, au-dessus du Portlandien, le Purbeckien forme un second niveau imperméable qui est surmonté par les calcaires très poreux du Valangien; l'Hauterivien inférieur forme ensuite un troisième niveau imperméable qui est séparé par les calcaires aquifères de l'Hauterivien supérieur et de l'Urgonien des marnes et des argiles du Tertiaire. Quant aux dépôts quaternaires, étant formés en grande partie de graviers et de sables, ils sont perméables dans leur ensemble, mais ils renferment des intercalations argileuses qui donnent lieu à des nappes d'infiltration phréatiques.

En classant les sources d'après les formations imperméables qui en provoquent la sortie on peut distinguer :

1° Les sources argoviennes ou oxfordiennes parmi lesquelles il faut citer les belles sources du flanc NW de la montagne de Boudry et celles de Préladan et de Gänsbrunnen dans la cluse qui coupe la chaîne du Graitery.

2° Les sources hauteriviennes dans lesquelles il faut classer toute une série de sources sortant du flanc SE de la première chaîne du Jura.

3° Les sources tertiaires qui jouent un rôle considérable dans certaines vallées synclinales, en particulier dans le Val de Ruz.

[1] G. Ritter. Sur l'Hydrologie neuchâteloise. — *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, t. XXVIII, p. 158-179. 1900.

Digitized by Google

4° Les sources quaternaires. Les dépôts quaternaires, qui remplissent le fond de plusieurs des grandes vallées du Jura, se gorgent d'eau et, si des couches imperméables s'y intercalent, elles provoquent la formation de nappes phréatiques, qui ont été fréquemment exploitées, soit par des puits artésiens, soit par d'autres travaux de captage. Telle est l'origine des eaux qui alimentent Coffrane, les Geneveys, Boudevilliers, Valangin, etc....

La Société argovienne des sciences naturelles a entrepris par l'initiative et sous la direction générale de M. le prof. F. MUHLBERG[1] l'élaboration d'une carte au 1 : 25 000 des **sources du canton d'Argovie.** Dans ce travail, auquel ont participé plus de trente collaborateurs, il a été tenu compte de l'emplacement exact de la source, de son débit, de son emploi (eau potable, eau minérale, eau de lavage, etc...), du mode de captage, de la température, des conditions de constance ou de variabilité ; pour les puits, la profondeur et la nature des terrains encaissants ont été déterminés.

Renvoyant à plus tard le travail de synthèse à faire sur les très nombreuses observations recueillies, M. Mühlberg s'est contenté de présenter sur l'ensemble des recherches un rapport sommaire dans lequel il ne traite avec quelques détails que la région de Brugg qui doit servir d'exemple.

Dans les environs de la ville de Brugg les différents terrains peuvent être classés de la façon suivante:

1° Les alluvions récentes sont généralement perméables, mais il peut s'y mêler des couches non poreuses.

2° Les alluvions pleistocènes des terrains et les moraines à blocaux (Blockmoränen) sont perméables, tandis que le Lœss ne l'est qu'imparfaitement et que les moraines de fond argileuses ne le sont pas du tout.

3° Le Tertiaire, formé en grande partie par les grès divers du système mollassique, est le plus souvent perméable ; pourtant des zones marneuses intercalées á divers niveaux et surtout abondantes dans la mollasse d'eau douce inférieure, donnent lieu à des nappes d'infiltration locales. Le Sidérolitique, qui forme la base du Tertiaire, est constamment imperméable.

4° Dans le Malm, les calcaires de Wettingen laissent filtrer l'eau, qui est arrêtée au-dessous par les marnes de Baden ; les couches de Wangen, les calcaires à *Hem. crenu-*

[1] MÜHLBERG. Bericht über die Herstellung einer Quellenkarte des Kantons Aargau. *Mittheil. der aargauischen naturf. Ges.* H. IX.

Digitized by Google

laris et les couches du Geissberg forment un puissant complexe perméable et aquifère, dont la limite inférieure est marquée par les marno-calcaires d'Effingen et de Birmensdorf.

5° Dans le Dogger les niveaux perméables sont représentés essentiellement par le calcaire spathique de la partie supérieure et par le Hauptrogenstein, tandis que les marnes à *Parkinsonia Parkinsoni* et les couches sous-jacentes ne sont pas poreuses.

6° Le Lias est formé en grande partie de couches marneuses et imperméables, à la base seulement par le calcaire à gryphées, très favorable à l'infiltration.

7° Les marnes irrisées du Keuper ne laissent pas passer l'eau, tandis que le gypse de la base est perméable.

8° Quant au Muschelkalk, il est essentiellement poreux.

Dans l'ensemble du canton d'Argovie 8461 sources ont été constatées, dont 2977 avec un débit total de 186500 litres-minutes ne sont pas utilisées encore.

Cours d'eau et vallées

M. M. Lugeon[1], dans son intéressante étude sur **l'origine des vallées des Alpes occidentales**, fait ressortir tout d'abord le fait, du reste connu, de la division de la plupart d'entre elles en un tronçon transversal dans la partie supérieure de leur cours, puis un tronçon longitudinal plus ou moins allongé, et enfin un nouveau tronçon transversal, par lequel elles sortent des chaînes à angle droit.

Il étudie ensuite l'origine de ce grand tronçon transversal inférieur qui coupe souvent toute une succession de chaînes anticlinales, et cherche à démontrer que, dans un grand nombre de cas, le cours d'eau suit dans cette partie de son cours une zône synclinale transversale, suivant laquelle les axes des plis subissent tous un abaissement marqué. La vallée du Chéran, celle du lac d'Annecy, la vallée morte de Chambéry, la grande coupure de l'Isère entre Grenoble et Moirans, que l'auteur décrit en détail, sont d'après lui des exemples frappants de ce fait.

Pour d'autres cas de vallées transversales, telles que celles du Chéran à travers l'anticlinal du Semnoz et du Fier à tra-

[1] M. Lugeon. Recherches sur l'origine des vallées des Alpes occidentales. *Annales de Géographie*, Paris, t. X, p. 295-317 et 401-428. — Voir aussi C. R. des séances de la Soc. vaud. des sc. nat. *Archives Genève*, t. XI, p. 412, 1901.

Digitized by Google

vers l'anticlinal du Gros Foug, il ne paraît pas y avoir coïncidence entre l'emplacement du cours d'eau et une inflexion synclinale des plis. Il faut très probablement admettre ici une antécédence de l'établissement de la vallée par rapport à la formation des plis traversés. D'autre fois le cours des rivières paraît avoir été peu influencé par la forme des plis des terrains secondaires, qui étaient comme noyés dans une sorte de couverture épaisse de formations plus récentes (Mollasse ou surtout Flysch) à surface peu accidentée. Le squelette des plis n'a été mis à jour qu'après une érosion prolongée alors que la direction des principales vallées était fixée. C'est à une origine semblable que M. Lugeon attribue la forme des vallées des 2 Dranses (de Biot et d'Abondance), de la vallée du Giffre et de celle de l'Arve en amont de Cluse.

La vallée du Rhône entre Montreux et Saint-Triphon suit nettement une inflexion synclinale transversale aux plis, mais en amont de Saint-Triphon il n'en est plus de même et l'abaissement de l'axe des plis vers l'E, bien marqué dans les chaînes de la rive droite, se continue sur la rive gauche. Il est probable qu'ici, au moment où la direction de la vallée s'est fixée, la topographie de la région était très différente de ce qu'elle est actuellement et que les grands plis couchés, qui sont déjetés sur le pli de Morcles, recouvraient ce dernier sur de beaucoup plus grandes étendues, donnant aux Alpes vaudoises une altitude moyenne beaucoup plus grande.

Quant au tronçon moyen longitudinal des grandes vallées, il faut le considérer comme étant le plus souvent de formation relativement récente. Il paraît avoir commencé par une courte vallée longitudinale, entamant des formations de faible résistance; grâce à ce fait et à une pente forte, l'affouillement a marché rapidement; par érosion régressive, la vallée s'est allongée, et a capté un nombre plus ou moins grand de cours d'eau transversaux, qui, gênés dans leur travail de creusement par la traversée de massifs résistants, ne pouvaient pas effectuer avec la même rapidité l'abaissement de leur seuil. L'auteur base du reste cette manière de voir sur une étude détaillée de la vallée du Rhône et de celle du Grésivaudan entre Ugines et Grenoble.

Les tronçons transversaux supérieurs paraissent suivre fréquemment des ondulations synclinales; mais ceci n'est pas à beaucoup près une règle absolue et les cas sont nombreux où la direction du cours d'eau paraît avoir été donné par la surface structurale des formations superficielles (Mollasse ou Flysch) complètement enlevées aujourd'hui par l'érosion.

Digitized by Google

M. Lugeon[1] a constaté, dans ses excursions à travers les Alpes, de nombreux cas dans lesquels, le fond d'une vallée ayant été comblé par une accumulation importante de dépôts morainiques, le cours d'eau n'a pas retrouvé après le retrait des glaciers son ancien lit, mais, dirigé seulement dans son cours par la surface des formations glaciaires, s'est creusé un nouveau chenal à droite ou à gauche de la ligne qu'il suivait précédemment et a été amené de ce fait à entamer finalement la roche sous-jacente sur l'un des flancs de son ancienne vallée. La gorge ainsi formée, étant récente, est étroite avec des parois très abruptes. L'auteur décrit successivement plusieurs exemples de ces **tronçons épigénétiques**, ainsi la vallée de la Morge au-dessous de la Chappelle de Corbelin et celle de la Dranse de Biot en aval de Saint-Jean d'Aulph. Dans ce dernier cas, la rivière traverse la gorge excessivement resserrée de l'Ombre, tandis qu'à côté se montre une sorte de col formé entièrement d'alluvion et de moraine qui se trouve certainement sur l'emplacement de l'ancien lit comblé par des formations glaciaires.

De même, à l'endroit où le Chéran sort des Bauges pour pénétrer dans la région mollassique vers le Pont de l'Abîme, la vallée a été barrée par une puissante moraine frontale; le cours d'eau a été rejeté à droite où se trouvait le point le plus bas du barrage et a creusé suivant cette nouvelle ligne une gorge étroite dans les calcaires urgoniens. La Baye de Montreux a subi de nombreuses dérivations de son cours, sans du reste que l'écart entre les lits successifs soit jamais très grand.

Un des exemples les plus intéressants de ce genre de phénomènes nous est fourni par le passage de l'Aar au travers de la colline transversale du Kirchet entre Meiringen et Innertkirchen. Le contraste est frappant entre la vallée très large d'Innertkirchen où le fleuve traverse une vaste plaine d'alluvions et la gorge étroite par laquelle il coupe la barre calcaire du Kirchet. Celui-ci est formé par les calcaires durs du Malm; il est recouvert d'une quantité considérable de dépôts morainiques; enfin il est traversé par 5 coupures profondes comblées par de la moraine et qu'il faut considérer comme des gorges creusées successivement puis abandonnées par l'Aar. L'explication des faits paraît être la suivante: en amont du Kirchet la rivière, travaillant dans les schistes cris-

[1] M. Lugeon. Sur la fréquence dans les Alpes de gorges épigénétiques et sur l'existence de barres calcaires de quelques vallées suisses. *Bull. de la Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVII, p. 423-454.

Digitized by Google

tallins, a donné naissance à une vallée largement ouverte en V; dans la barre calcaire, par suite d'une résistance beaucoup plus grande des roches, il s'est formé une gorge étroite, tandis que vers l'aval la vallée, se creusant dans les formations plus tendres du Jurassique moyen, a repris une section large. Ensuite le glacier de l'Aar, ayant pris possession de la région, a obstrué de ses moraines la gorge resserrée de la partie moyenne en même temps qu'il aurait, d'après l'auteur, comblé de sa moraine de fond la cuvette du Hasle jusqu'au niveau du barrage calcaire. Le torrent sous-glaciaire dont le cours aurait été ainsi exhaussé progressivement, aurait finalement choisi le point le plus bas du barrage et s'y serait creusé un chemin. Après le retrait du glacier, son émissaire, profitant du travail déjà effectué, aurait suivi le même cours et aurait approfondi la tranchée commencée. Puis un retour du glacier aurait provoqué la répétition des mêmes phénomènes et 5 alternatives successives de progression et de recul des glaces auraient amené la formation des 5 gorges que M. Lugeon a constatées. L'auteur croit devoir préférer cette hypothèse d'un remblayage répété de la plaine du Hasle à celle de l'établissement d'un lac de barrage en amont du Kirchet à cause de l'absence complète de deltas ou de terrasses lacustres au-dessus du niveau de la plaine d'alluvions actuelle.

Lacs

Sédimentation. — M. Heim[1] a continué son étude du **dépôt des vases** dans le lac des Quatre-Cantons; à l'aide d'une caisse placée au fond du lac à une certaine distance de l'embouchure de la Muotta, il a constaté que, du 12 septembre 1899 au 10 mars 1901, il s'est déposé en ce point une couche de 8,5 cm. de vase humide, ce qui correspond à 13,2 gr. de vase humide et 7 gr. de vase sèche par cm². La sédimentation particulièrement intense qui s'était produite sur ce point pendant la période 1897-1898 paraît donc être un phénomène constant et non pas un fait exceptionnel comme M. Heim l'avait admis.

D'autre part, M. Brückner[2] a fait une étude préliminaire du **lac d'Oeschinen** près de Kandersteg qui, étant alimenté essentiellement par les eaux troublées des torrents glaciaires

[1] Heim, A. *Bericht an Herrn Prof. Brückner, Präs. der Flussgeschiebe-Kommission.* Verh. der Schweiz. naturf. Ges. 84. Jahresvers. in Zofingen, 1901.

[2] *Bericht der Flusskommission für 1900-1901*, par le Prof. Brückner. Verh. der Schweiz. naturf. Gesell. 84. Jahresversamml. in Zofingen, 1901.

Digitized by Google

et ne présentant pas d'écoulement superficiel, se trouve dans des conditions spécialement intéressantes. Par des sondages, l'auteur a constaté que, depuis que M. Gosset avait en 1874 déterminé la profondeur du plafond du lac, celui-ci s'est élevé de 7 m. ce qui correspond à un exhaussement annuel moyen de 27 cm.

Nous devons à M. Forel[1] un court aperçu sur les matières organiques contenues dans les eaux des lacs. Ces matières proviennent d'une part, de sources assez diverses, elles sont d'autre part, enlevées à l'eau par des procédés variés dont les deux plus importants sont: 1° les dégagements gazeux, 2° la dissolution et l'entraînement par les eaux de l'émissaire.

Thermique. — M. Forel[2] a opéré pendant l'année 1900 quatre séries de **sondages thermométriques** devant Ouchy en mars, mai, août et novembre et a pu se convaincre que la chaleur estivale pénètre dans les couches supérieures de l'eau jusqu'à une profondeur de 50 m. en mars, 60 m. en mai, 80 m. en août et 100 m. en novembre. Au-dessous de 100 m. il subsiste toute l'année une nappe d'eau froide qui a une température de 5,1° à 5,8° et qui paraît être formée par l'accumulation au fond du lac des eaux littorales, surrefroidies pendant l'hiver.

En comparant ces résultats avec d'autres obtenus par différents auteurs qui ont opérés des sondages analogues sur divers lacs de Scandinavie, de Russie et d'Ecosse, M. Forel[3] est arrivé aux déductions suivantes: l'amplitude de la variation thermique annuelle d'un lac est d'autant plus marquée que ce lac est situé plus près du pôle. D'autre part, les variations de température de l'eau, qui s'atténuent assez rapidement avec la profondeur, se font sentir d'autant plus loin de la surface que le lac est plus septentrional; tandis que dans le lac Léman elles ne sont plus sensibles au delà de 120 m. elles sont encore marquées dans le lac de Ladoga au-dessous de 220 m.

Limnimétrie. — M. S. de Perrot[4] a collationné pendatn l'année 1899 un nombre important de données concernant le

[1] F.-A. Forel. Les matières organiques dans les eaux du lac. *Bull. soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVII, p. 479-481.

[2] F.-A. Forel. La thermique du lac. C. R. des séances de la Soc. vaud. des sc. nat. *Archives Genève*, tome XI, p. 410, 411, 1901.

[3] F.-A. Forel. Etude thermique des lacs du nord de l'Europe. *Archives Genève*, tome XII, p. 35-55, 1901.

[4] S. de Perrot. Données hydrologiques dans le canton de Neuchâtel. *Bull. de la Soc. neuch. des sc. nat.*, tome XXVIII, p. 222-232.

Digitized by Google

niveau relatif des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat. Il ressort de ses observations que le niveau du lac de Bienne a été à 10 reprises plus élevé que celui du lac de Neuchâtel, soit 4 fois pendant des périodes de 5 jours consécutifs et 6 fois pendant des durées plus courtes. Le lac de Morat a été 5 fois à un niveau plus bas que le lac de Bienne et 1 fois, le 31 août, plus bas que celui de Neuchâtel.

De 1898 à 1899, le volume du lac de Bienne a diminué par suite d'un abaissement du niveau moyen de 5 cm., de près de 2 millions de m^3, celui du lac de Neuchâtel a diminué de 2159000 m^3 par suite d'un abaissement du niveau moyen de 1 cm., celui du lac de Morat a augmenté de 547200 m^3 par suite d'un exhaussement du niveau moyen de 2,4 cm.

M. de Perrot donne du reste une série de tableaux des variations du niveau des 3 lacs pendant l'année 1899 et des débits des principaux cours d'eau affluents du lac de Neuchâtel pendant la même période. Il termine son travail par un résumé des observations pluviométriques faites dans diverses stations du canton de Neuchâtel. Il résulte de l'ensemble de ces observations que l'année 1899 a présenté un déficit important dans la quantité de pluie tombée, que par suite le débit des cours d'eau a été relativement très faible et qu'en automne il s'est produit une forte disette d'eau dans la montagne.

M. E. SARASIN[1] a résumé les résultats des **observations limnimétriques** qu'il a faites pendant les années 1897-1900 sur le lac des Quatre-Cantons à l'aide de limnographes placés successivement à Lucerne, à Fluelen, à l'Obere Nase, à Küssnacht et à Stansstad. Il a pu constater que le lac ainsi étudié subit tout d'abord un mouvement pendulaire uninodal Fluelen-Lucerne, dont le nœud correspond avec le détroit des Nasen et dont la période est de 44′12″; ce mouvement est particulièrement net et régulier à Fluelen. Une 2e oscillation, binodale, a une période de 24′15″ soit un peu plus longue que la moitié de celle de l'uninodale; elle est très marquée au détroit des Nasen ainsi qu'à Lucerne. Il se produit en outre entre Küssnacht et Stansstad un mouvement pendulaire transversal uninodal avec une période de 18′8″ auquel s'ajoute parfois une oscillation binodale dont la durée est un peu plus longue que la moitié de celle de l'uninodale.

[1] ED. SARASIN. Les oscillations du lac des Quatre-Cantons. *Archives Genève*, tome XI, p. 161-171, 3 planches.

Digitized by Google

Glaciers et avalanches

Glaciers.

La commission des glaciers de la Société helvétique des Sciences naturelles, dont le rapport pour 1900 a été rédigé par M. le Prof. Hagenbach-Bischoff[1], a continué ses observations sur le **glacier du Rhône.** Il ressort de ce document que l'ablation a été spécialement intense sur toute la longueur du glacier pendant l'année 1899-1900. D'autre part, le ralentissement du mouvement de la glace de l'amont vers l'aval a été constaté d'une façon particulièrement nette. La marche des névés paraît se faire avec une vitesse très régulière, qui est de 94 m. par an pour le névé inférieur.

Le front du glacier a subi un recul moyen de 10,8 m. du 28 août 1899 au 25 août 1900; il s'est avancé comme pour les autres années pendant les mois d'hiver (décembre à mai) et a reculé pendant les 7 autres mois. La ligne frontale du glacier a du reste été considérablement modifiée par une avalanche de glace qui s'est détachée le 25 août 1900 du bord droit de la cascade du glacier et qui s'est amoncelée en avant du front à droite du Rhône.

La fusion superficielle de la neige a commencé tard au printemps 1900, mais a été ensuite rapide. Quant aux chutes de neige les observations ont démontré une fois de plus qu'elles sont notablement plus abondantes sur les névés supérieurs que sur les névés inférieurs.

Le rapport annuel sur les **variations des glaciers des Alpes** suisses pendant l'année 1900 a été rédigé par MM. Forel, Lugeon et Muret[2]. M. Forel relève le fait que, tandis que l'ensemble des glaciers d'un massif est en pleine décrue, un d'entre eux peut marquer une crue petite et courte pendant 1 ou 2 ans. Ces crues de faible amplitude peuvent s'expliquer ou bien par l'influence d'un ou deux été froids et humides sur un glacier en état d'équilibre approximatif, ou bien par le fait qu'une crue de glacier a été brusquement interrompue par un été particulièrement chaud.

Dans le même rapport nous trouvons de nombreuses données recueillies par M. Lugeon sur l'enneignement en 1900

[1] Hagenbach-Bischoff. *Bericht der Gletscherkommission für das Jahr 1900-1901.* Verh. der Schweiz. naturf. Gesells. 1901, p. 277.

[2] F.-A. Forel, M. Lugeon et E. Muret. Les variations périodiques des glaciers des Alpes. *Annuaire du S. A. C.*, XXXVIe année, 1901.

Digitized by Google

comparé à celui des années précédentes. Tout autour du Massif du Mont-Blanc, la limite des neiges a subi en 1900 un recul très marqué; dans les Alpes valaisannes il y a eu désenneigement général au-dessous de 4000 m., tandis que dans les altitudes supérieures la couche de neige paraît au contraire avoir augmenté d'épaisseur. Dans les Alpes vaudoises et bernoises les névés ont diminué dans des proportions considérables; il en est de même plus à l'E dans le massif du Sentis. En somme la limite des névés qui est en moyenne en Suisse à 2700 m. s'est considérablement élevée et se trouve actuellement dans le massif du Mont Blanc et les Alpes valaisannes entre 3100 et 3300 m. La couche de neige dans les régions élevées a presque partout diminué beaucoup d'épaisseur; il faut donc s'attendre à un recul prononcé des glaciers pendant les années qui vont venir.

L'étude des variations de longueur des glaciers, dont les résultats ont été collationnés par MM. FOREL et LUGEON, ont porté pour 1900 sur 82 glaciers. Dans les Alpes valaisannes sur 30 glaciers observés, 25 sont en décrue certaine, 2 en décrue probable, 2 en crue probable et 1 seul en crue certaine (le glacier de Boveyre). Dans les Alpes vaudoises les 7 glaciers observés sont tous en décrue; dans les Alpes bernoises, sur 12 glaciers observés, 2 seulement paraissent marquer une crue, ceux de Stein et du Grindelwald supérieur, tandis que plusieurs autres ont beaucoup diminué d'épaisseur. Les 8 glaciers du bassin de la Reuss observés sont tous en décrue; il en est de même des 14 glaciers étudiés dans le bassin du Rhin, des 4 glaciers observés dans le bassin de l'Inn et des 2 glaciers observés dans le bassin de l'Adda. Dans le bassin du Tessin sur 5 glaciers observés, 2, ceux de Brexiana et de Muccia paraissent être en légère crue.

En résumé sur 82 glaciers, 1 seul, celui de Boveyre a marqué une crue certaine, il s'est allongé de 113 m. depuis 1892.

Les glaciers de Lötschen, de Zanfleuron et de Stein qui paraissent presque stationnaires, étaient en 1899 en crue certaine. Ces derniers exceptés, la phase de recul non seulement se continue mais s'accentue chaque année.

Les mêmes résultats sont publiés d'autre part dans le Rapport sur les variations périodiques des glaciers rédigé par MM. FINSTERWALDER et MURET[1] au nom de la Commission internationale des glaciers.

[1] S. FINSTERWALDER et E. MURET. Les variations périodiques des glaciers. VIe Rapport 1900, rédigé au nom de la Com. intern. des glaciers. *Archives Genève*, 1901, tome XII, p. 56-69 et 118-131.

Digitized by Google

M. Forel[1] a constaté que, à mesure que le glacier du Rhône se retire, la cascade qu'il forme s'incline davantage et la couche de glace y diminue d'épaisseur. Le 21 juillet 1900, il s'est formé sur le côté droit de la cataracte une fenêtre mettant à découvert le torrent sous-glaciaire qui du reste a pris dès le commencement d'août un autre cours. Le 25 août la bande de glace qui séparait cette fenêtre de la rive droite du glacier s'est effondrée en une vaste avalanche et il s'est formé ainsi une large échancrure dans la glace de 100 m. de longueur sur 130 de largeur.

Avalanches.

M. F.-W. Sprecher[2] a réuni dans un intéressant article les observations qu'il a pu faire pendant de longues années sur les **avalanches dans le val Tamina.** Il a reconnu sur les flancs de cette vallée de Pfäfers au glacier de Sardona 90 couloirs d'avalanches principaux.

Le couloir de la Vidameida aboutit dans la vallée près du village de Vättis; ses nombreuses ramifications se continuent au-dessus de la zone des forêts sur le flanc occidental du sommet le plus élevé du Calanda, et aboutissent à des sortes de vallons très inclinés où la neige s'accumule en hiver et d'où elle part pour s'élancer dans la vallée; ce sont les bassins de réception ou les cirques de détachement (Abrissgebiete) multiples des avalanches qui convergent toutes vers le même canal d'écoulement final. Le couloir de chute varie dans sa pente et dans sa forme suivant la nature plus ou moins dure du terrain, ainsi l'inclinaison est moins forte sur le Lias, le Dogger, les schistes de Balfries, le Néocomien, le Gault, tandis que les calcaires du Malm, de l'Urgonien et des couches de Seewen forment des à-pic surmontés généralement par une terrasse étroite. Ces inégalités influent fortement sur la marche des avalanches sèches et pulvérulentes de l'hiver qui, réduites en partie en poussière et arrêtées d'autre part sur les terrasses ou dans les entonnoirs, ne descendent généralement pas dans la vallée, mais nivellent les irrégularités de l'inclinaison et préparent ainsi le chemin aux avalanches postérieures. Celles-ci peuvent donc descendre toujours plus bas et atteindre finalement la base du couloir

[1] F.-A. Forel. Sur le glacier du Rhône. C. R. des Séances de la Soc. vaud. des sc. nat. *Archives Genève*, tome XI, p. 209.

[2] F.-W. Sprecher. *Grundlawinenstudien. Jahrb. des Schweiz. Alpenclubs*, tome XXXV (1899-1900), p. 268-292.

Digitized by Google

où elles forment un grand cône à pourtour circulaire dont la pente peut atteindre 40° à 45°. Mais les grandes avalanches ne se contentent pas d'arriver au pied des pentes abruptes, elles s'engagent encore fort avant dans un ravin creusé plus bas par un torrent, dont les eaux suivent en été les mêmes couloirs que parcourent les avalanches au printemps.

A propos de la Vidameida, M. Sprecher donne une série d'indications précises sur la marche des avalanches de fond (Grundlawinen), sur l'influence des inégalités du sol, sur la rapidité accélérée des couches supérieures de la neige qui glissent sur les couches inférieures, sur la formation des boules de neige qui roulent souvent en quantité considérable devant le front de l'avalanche, etc....

Après avoir fait une description sommaire d'une série de couloirs d'avalanche de la même vallée, l'auteur examine un type d'avalanche qui est intermédiaire entre les avalanches pulvérulentes de la neige d'hiver et les avalanches de fond lourdes et formées de neige plus ou moins fondante. Ce phénomène, auquel il donne le nom de Grund-Staublawine, se produit lors des chutes prolongées de neige floconneuse. Les amoncellements de neige fraîche formés parfois en quelques heures glissent sur les fortes pentes; au début, grâce au mouvement relativement lent, elles se comportent comme des avalanches de fond puis, la marche s'accélérant, des particules toujours plus nombreuses de neige sont arrachées à la surface par la résistance de l'air et il se forme un nuage de neige qui s'engouffre vers la plaine, mais une grande partie de l'avalanche reste en paquet et, forme, comme dans les avalanches de fond, les boules de neige caractéristiques. La marche est ici beaucoup plus rapide que dans les avalanches pulvérulentes proprement dites.

Les principales conclusions que M. Sprecher tire de ses observations sont les suivantes:

1° Plus le bassin d'alimentation des avalanches est découpé et irrégulier, plus les chutes sont fréquentes et moins elles sont volumineuses.

2° Une avalanche emploie une partie de sa masse à se frayer son propre chemin en comblant les dépressions qui le coupent, et nombre de petites avalanches s'arrêtent avant d'avoir atteint le bas des pentes, parce que toute leur masse a été absorbée par ce travail.

3° Une avalanche prépare en outre la voie à celles qui suivront le même chemin pendant la même saison.

Digitized by Google

M. F.-A. Forel[1] a eu l'occasion d'étudier l'**avalanche du glacier du Rossboden** (Fletschhorn), survenu le 19 mars 1901 à 6 h. 30 du matin, qui a été causé par la chute d'une masse de rochers des parois du Fletschhorn sur le glacier de Rossboden. L'avalanche de pierres, passant sur le glacier a entraîné avec elle neige, seracs et moraines en quantité énorme et le tout s'est jeté sur la vallée du Krummbach qu'il a recouverte jusque près de Simpeln. La hauteur de chute est de 2300 m., la longueur de l'éboulement de 7 km., la superficie de 2,3 km^2 et le volume de 2,5 à 3 millions de m^3. L'éboulement de glacier doit être attribué à une chute de rocher, parce que les éboulements de glaciers spontanés sont des phénomènes à répétition et qu'aucun fait semblable à celui qui s'est produit en 1901 n'est signalé dans les annales de la région.

M. Schardt[2] considère l'explication donnée par M. Forel comme probable mais non pas comme absolument démontrée, personne n'ayant pu relever jusqu'ici (1901) d'une façon précise une niche d'arrachement dans le rocher sousjacent au glacier. Il donne des détails sur le chemin parcouru par l'avalanche qui a subi plusieurs changements de direction. Après avoir suivi la cataracte du glacier, l'avalanche s'est heurtée contre la moraine latérale, elle a débordé par dessus se répandant sur le pâturage de Griseren, puis s'est engagée dans un couloir étroit pour s'étaler plus bas dans le pâturage de Rossboden. Cette avalanche est d'autre part caractérisée par le faible bruit et le courant d'air relativement peu destructeur qui l'ont accompagnée.

Tourbières

Nous devons à M. E. Neuweiler[3] une importante monographie des **tourbières de la Suisse**, qui ont été étudiées par l'auteur au point de vue de la composition botanique de la tourbe, des relations entre le combustible et le sous-sol, et des divers types de structure. Ce travail traite successivement des tourbières du plateau mollassique, spécialement dans les cantons de Zurich, Thurgovie et Lucerne, des Préalpes de

[1] F.-A. Forel. L'éboulement du Fletschhorn. C. R. des séances de la section de géologie de la Soc. Helv. des sc. nat., *Ecl. geol. Helv.*, p. 147, vol. VII, 2 et *Archives*, tome XII.

[2] H. Schardt. L'éboulement du Fletschhorn, *ibid.*

[3] E. Neuweiler. Beiträge zur Kenntniss der Schweizerichen Torfmoore. — *Vierteljahrsschr. der naturf. Gesell. Zürich*, 1901.

Digitized by Google

Schwyz et de Zug, du Jura bernois et neuchâtelois et des Hautes Alpes grisonnes.

La dépression de Krutzelried au N de Schwerzenbach (canton de Zurich) est occupée par une petite tourbière qui repose sur l'argile glaciaire. La couche charbonneuse, très mince sur les bords, s'épaissit progressivement vers l'intérieur; à 45 m. du bord l'auteur a relevé la coupe suivante de bas en haut:

1° Tourbe compacte (Lebertorf 90 cm.).
2° Tourbe formée de débris accumulés par les eaux (Schwemmtorf 20 cm.).
3° Tourbe fibreuse (10 à 15 cm.).
4° Tourbe mousseuse (50 à 100 cm.).

La tourbe compacte de la base est séparée des formations sous-jacentes par une couche sableuse qui renferme de nombreux débris végétaux et en particulier beaucoup de graines de Potamogeton; elle est brun-rougeâtre à sa partie inférieure et devient noirâtre au-dessus. L'étude des restes végétaux qui y sont inclus a montré que le pin était prédominant au moment de sa formation, les bouleaux étaient moins abondants, le platane, le tilleul, le noisetier prospéraient; quand au chêne il est devenu de plus en plus répandu et a fini par constituer la principale essence. D'autre part, la présence dans la tourbe de débris de plantes de marais indique que la localité était couverte d'une faible couche d'eau.

La tourbe d'alluvion est formée par une accumulation de débris d'écorces, de branchages, de feuilles et de graînes parmi lesquels prédominent les restes de chêne et de plantes de marais; le Potamogeton fragilis ne s'y trouve plus. La couleur de cette couche varie du noir au brun rougeâtre.

La tourbe fibreuse est constituée exclusivement par l'*Eriophorum vaginatum*, ce qui indique l'établissement de tourbières profondes sans forêts. La tourbe mousseuse est une tourbe fibreuse, brune-jaunâtre, formée à la base surtout de sphaignes auxquels se mêlent quelques *Hypnum*, tandis qu'à la partie supérieure les *Hypnum* deviennent de plus en plus nombreux; il s'y ajoute une proportion de plus en plus importante de Graminées et de Cyperacées.

Il résulte de ces observations que, au début de la formation de la tourbe c'étaient le pin et le bouleau qui jouaient le rôle prépondérant; puis les pins ont cédé la place aux chênes qui ont prédominé à leur tour, tandis que les noisetiers, les tilleuls, les platanes se développaient plus modestement. Les

Digitized by Google

arbres divers, dont les restes sont contenus dans la tourbe ont certainement vécu sur place ou sur les moraines avoisinantes; le marais primitif a été transformé d'abord en une tourbière à *Eriophorum* puis en une tourbière à sphaignes et enfin en une tourbière à Graminées.

Les tourbières d'Egelsee près de Niederwyl (Thurgovie) occupent l'emplacement d'un ancien lac et sont superposées à de la craie lacustre surmontant des dépôts glaciaires: La tourbe débute à la base par une couche compacte formée en grande partie d'algues (Diatomées et Desmidiacées) et ne renfermant en fait de restes de végétaux arborescents que des graines et des grains de pollen. Au-dessus repose une couche de tourbe mousseuse qui renferme de l'eau en abondance et est formée essentiellement par des *Hypnum*.

Dans les environs de Hirzel entre le lac de Zurich et la vallée de la Linth, le sol est couvert par une couche en général peu épaisse de tourbe, qui est constituée presque exclusivement par des mousses avec prédominance des Hypnum à la base, des *Sphagnum* à la partie supérieure. A l'W du Mauensee (canton de Lucerne), entre ce lac et le village de Schötz une vaste tourbière s'est formée dans le bassin d'un ancien lac tapissé de craie lacustre et d'argile. La tourbe y présente une structure uniforme; elle est herbeuse brune et friable et se compose d'un mélange de mousses, de Graminées et de Cypéracées. Les tourbières du Hudelmoos entre Zielschlacht et Hagenwyl, vers la frontière des cantons de Thurgovie et de Saint-Gall, sont situées sur un plateau boisé. La couche de combustible, épaisse de 1 à 3 m., repose sur une argile glaciaire sablonneuse et renferme à sa base une forte proportion d'éléments inorganiques; elle est formée essentiellement par des graminées et des mousses, mais renferme d'abondants débris de plantes arborescentes provenant des bois voisins. A peu près les mêmes conditions se retrouvent dans les tourbières du Heldwilermoos entre Heldswyl et Hohentannen (canton de Thurgovie). Le Weinmoos entre Ried et Sulgen (canton de Thurgovie) occupe au contraire un ancien bassin lacustre; la tourbe y repose sur du calcaire d'eau douce et renferme dans sa partie inférieure des débris d'algues et de mollusques lacustres; la couche de combustible est formée en grande partie par une tourbe herbeuse dont les éléments essentiels sont les Graminées et les Cyperacées.

Dans les pâturages de Geissboden au SE de Zoug et à une altitude de 930 m. existent sur des moraines sablonneuses des tourbières peu étendues, dont la couche charbonneuse est

Digitized by Google

constituée par des Graminées et des Cyperacées, mais renferme dans certaines zones d'abondants éléments ligneux.

La haute vallée de la Biber, entre Rothenthurm et Altmatt (canton de Schwyz), est occupée par des tourbières très étendues couvertes par places et bordées par des bois de sapin. Ce sont les Hypnum qui prédominent à la base, tandis qu'une couche moyenne est caractérisée par l'abondance des *Carex* et que la partie supérieure est formée presque exclusivement de *Sphagnum* et d'*Eriophorum*. Sur le plateau d'Einsiedeln (880-920 m.) où les tourbières prennent aussi une grande extension, la couche de combustible, qui repose sur des argiles ou des cailloutis glaciaires, débute à la base par une zone de tourbe d'alluvion; ensuite vient une épaisseur importante de tourbe herbeuse dont les principaux éléments sont des Carex, des Eriophorum, diverses Graminées et des Renon cules et qui renferme d'assez abondants débris ligneux; enfin la partie superficielle est un Hochmoor typique avec prédominence des sphaignes.

Dans le Jura M. Neuweiler a étudié spécialement les environs de Tramelan et la vallée des Ponts. A 3 kilomètres au N de Tramelan existent de vastes tourbières couvertes en partie par un bois clairsemé de pins. La couche de tourbe, dont on n'a jamais encore atteint le fond, paraît être très épaisse; elle se compose en grande partie de tourbe fibreuse brune, surmontée par une zone peu épaisse de couleur plus foncée et très riche en débris ligneux; dans la couche fibreuse on distingue un niveau inférieur à Sphaignes, un niveau moyen à *Eriophorum* et un niveau supérieur à Sphaignes. Les tourbières qui couvrent le fond de la vallée des Ponts, offrent une couche de combustible de 4 à 6 m. d'épaisseur, qui repose sur la moraine de fond du glacier local avec rares matériaux du glacier du Rhône; ce sont les *Carex*, auxquels se mêlent de nombreux débris de légumineuses, qui prédominent à la base, tandis que les *Sphagnum* et les *Eriophorum* forment le principal élément de la partie moyenne et que les *Sphagnum* forment presque seuls la partie supérieure.

Dans les Hautes Alpes les tourbières sont aussi fréquentes, l'auteur en a étudié 2 cas distincts situés à plus de 2000 m. d'altitude et qui sont caractérisés tous deux par la prédominance très marquée des *Carex*.

Les nombreuses observations de M. Neuweiler lui ont permis d'établir les faits suivants: Les formations sous-jacentes de la tourbe sont variées, ce sont tantôt des argiles ou des cailloutis glaciaires, tantôt de la craie lacustre, tan-

Digitized by Google

tôt des argiles et des marnes à coquillages. Le passage de ces couches à la tourbe est plus souvent progressif; il peut aussi être subit; la zône inférieure de la tourbe est par conséquent souvent très mélangée d'éléments inorganiques. La nature chimique des formations sous-jacentes influe fortement sur la composition botanique de la base de la tourbe; sur les sols calcaires ce sont les *Carex* qui se développent d'abord, tandis que les sphaignes ne s'établissent que sur les sols pauvres en carbonate de chaux; aussi les tourbes à sphaignes n'existent-elles ni sur les fonds d'anciens lacs tapissés de craie, ni sur les points où le sol est imprégné d'eau d'infiltration calcaire. Par contre les formations glaciaires argileuses ou sablonneuses renferment toujours suffisamment de carbonate de chaux pour permettre le développement des *Carex* et l'on peut considérer comme la règle que ceux-ci forment la base de la couche de tourbe, même-là où les sphaignes deviennent plus tard les éléments essentiels des couches supérieures. Du reste il est rare que la tourbe présente dans toute son épaisseur la même composition; après une zone inférieure, où prédominent en général les *Carex* ou les *Hypnum*, vient dans la règle une zone moyenne riche en *Eriophorum* et en sphaignes, qui supporte une couche superficielle dont l'élément principal habituel est le *Sphagnum*. Mais cet ordre de superposition n'est nullement constant, les tourbières de la Suisse ne présentent pas la succession régulière de niveaux à flore déterminée et l'auteur explique le fait en admettant que beaucoup d'entre elles se sont formées dans des eaux stagnantes.

A propos de la tourbe compacte (Lebertorf) qui se distingue de la tourbe proprement dite fibreuse par sa structure, par sa couleur grise-brunâtre et par les nombreux débris organiques et inorganiques qu'elle renferme, M. Neuweiler croit devoir, avec M. Früh, attribuer sa formation à la décomposition partielle de petits crustacés, d'animaux inférieurs et d'algues. Il se mêle du reste souvent à ces éléments essentiels des débris ligneux qui, s'ils deviennent abondants, donnent à la tourbe une teinte plus foncée.

Eboulements

M. Schardt[1] attribue les mouvements qui se sont produits le 5 février 1901 au **Rocher de la Clusette** près Noiraigue à

[1] H. Schardt. Les mouvements du Rocher de la Clusette. C. R. des séances de la Soc. neuch. des sc. nat. *Archives*, tome XII, p. 183.

Digitized by Google

un tassement de la dalle nacrée et de l'Argovien, qui reposent sur les marnes hydrauliques du Bathonien en exploitation. Ces mouvements ont été accompagnés d'une fissuration intense des roches et le seul moyen d'éviter un éboulement qui serait une catastrophe, serait l'ablation de la partie disloquée en surcharge.

M. A. GREMAUD[1] a fait à la Société fribourgeoise des Sciences une communication préliminaire dans laquelle il expose les principes qui lui serviront de base pour l'étude qu'il vient d'entreprendre sur les **mouvements de terrain** (éboulements, glissements, effondrements) qui se sont produits à une époque récente en Suisse.

Actions et agents internes.

TREMBLEMENTS DE TERRE.

D'après le **rapport annuel** de M. J. FRÜH[2] sur les tremblements de terre en Suisse, l'année 1899 a été caractérisée par le peu d'importance qu'y ont pris les phénomènes sismiques. L'on n'a en effet enregistré que 6 secousses qui se répartissent comme suit :

1° Le 9 février, à 3 h. 55 m. du matin, 3 chocs successifs ont été ressentis à Martigny, Saxon, Liddes, Bourg Saint-Pierre et les Vallettes.

2° Le 14 février à 4 h. 56 m. après-midi, une personne a perçu à Niederschönthal près Liestal une ondulation dirigée NE-SW qui paraît être un contre coup d'un tremblement de terre violent ressenti au même moment dans le Kaiserstuhl.

3° Un ébranlement léger a été constaté le 3 juillet à minuit 15 m. dans une région circonscrite par Unter-Hallau, Dozwill, Aathal près d'Uster et Zurich, et présentant la forme d'une ellipse allongée du SSE au NNW.

4° Le 13 septembre à minuit 25 m. un seïsme local s'est produit à Grandson et Champagne.

5° Le 26 septembre à 3 h. du matin, une oscillation assez forte accompagnée de grondements a été constatée à Leysin.

6° Le 7 novembre à 1 h. 10 après-midi, un tremblement

[1] A. GREMAUD. Les mouvements de terrain. *Bull. Soc. frib. des sc. nat.*, vol. IX, p. 17.

[2] J. FRÜH. Die Erdbeben der Schweiz im Jahre 1899. *Annal. der schweiz. meteorol. Centralanstalt.* Jahrg. 1899.

Digitized by Google

de terre a été perçu dans la vallée du Rhône, de Bex à Sion et à Bourg Saint-Pierre dans le val d'Entremont.

Les tremblements de terre ont été plus rares encore pendant l'année 1900; d'après le rapport de M. R. BILLWILLER[1], 3 seïsmes seulement ont été ressentis pendant cette durée dans notre pays:

1° Le 25 janvier une secousse locale à Glaris Bilten.

2° Un tremblement de terre le 18 mai dans le bassin supérieur du lac de Genève.

3° Le 7 août, un seïsme dans le domaine des grands plis couchés glaronnais.

IVe PARTIE. — STRATIGRAPHIE ET PALÉONTOLOGIE

par CH. SARASIN.

TRIAS

Alpes. — M. A. BALTZER[2] dans son étude monographique des **environs du lac d'Iseo** donne la coupe suivante des formations triasiques:

KEUPER

Rhétien.

f) Calcaire gris, compact, en bancs épais renfermant des silex, de nombreux débris de coraux et des *Avicula contorta.*

e) Calcaires et schistes noirs à *Myophoria inflata, Anatina præcursor, Chemnitzia Quenstedti,* etc.

Couches de Raibl.

c) Marnes grises, rouges ou verdâtres avec gypse et pyrite, et marno-calcaires noirs avec lits charbonneux.

b) Calcaire noduleux gris avec *Myophoria Kefersteini, Myoconcha Curioni, Gervillia bipartita, Pecten filosus.*

a) Grès tuffeux verdâtres ou rouges, alternant avec des marnes rouges et renfermant par places du gypse.

[1] R. BILLWILLER. Bericht der Erdbebenkommission für das Jahr 1900-1901. Verh. der schweiz. naturf. Ges. 84. Versamml. in Zofingen, 1902.

[2] A. BALTZER. Geologie der Umgebung des Iseosees. *Geol. u. Pal. Abhandlungen,* von E. Koken. Neue Folge, B. V, H. 2, 1901, mit 5 Taf. u. 1 geol. Karte.

Digitized by Google

Calcaire conchylien.	*b*) Calcaires compacts et calcaires dolomitiques gris foncés, sans fossile, qui paraissent correspondre aux calcaires coralligènes de Wengen.
	a) Calcaires noirs, cristallins, noduleux, qui représentent les couches de Buchenstein.
Grès bigarré alpin.	*d*) Marnes rouges ou vertes avec gypse.
	c) Cornieules.
	b) Argiles schisteuses rouges associées à des marnes vertes et à des grès (niveau de Werfen).
	a) Grès rouges ou verdâtres à ciment argileux qui renferment des bancs de conglomérats (Verrucano ?)

A la suite des publications de MM. Rothpletz et Jennings, M. TARNUZZER[1] a reconnu que les schistes rouges et les quartzites à silex qui affleurent dans la série triasique de la **Plattenfluh** doivent appartenir au Trias inférieur ou peut-être même au Permien. Par contre, il considère comme très douteux que les schistes syénitiques à séricite et les schistes amphiboliques de la même chaîne représentent la Sernifite, comme l'admet M. Rothpletz, et que la dolomie qui y est intercalée soit de la dolomie de la Röti.

M. A. ROTHPLETZ[2], dans une réponse à M. Tarnuzzer, fait observer que le versant occidental du Madrishorn, dans lequel Theobald voyait une série renversée continue du Jurassique et du Trias, présente en réalité une tectonique beaucoup plus compliquée. Il est du reste inadmissible que l'on assimile simplement, comme l'ont fait les géologues grisons, aux divers niveaux paléontologiques du Trias des couches absolument dépourvues de fossiles et qui ne ressemblent même pas lithologiquement aux formations avec lesquelles on les a parallélisées. Ainsi les couches dites de Partnach par M. Tarnuzzer sont, d'après M. Rothpletz, du Jurassique supérieur car elles reposent en concordance absolue sur le Tithonique. Quant au calcaire dit de l'Arlberg par Theobald l'auteur le considère

[1] CH. TARNUZZER. Brief an Herrn Dr A. Rothpletz. *Centralblatt. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1901, No 8, p. 233.

[2] A. ROTHPLETZ. Antwort an den offenen Brief von Hr. Dr Tarnuzzer. *Centralblatt für Min., Geol. u. Pal.*, 1901, No 12, p. 353-360.

Digitized by Google

comme de la dolomie de la Röti et les conglomérats d'âge douteux paraissent être de la Sernifite.

M. Rothpletz est ainsi amené à considérer le versant du Madrishorn comme formé par une série renversée de Jurassique supérieur de Rötidolomit, de Sernifite et de schistes cristallins; cette succession est coupée en 2 par une faille, qui fait butter le Tithonique du côté E contre la Sernifite du côté W et qui fait réapparaître tous les niveaux une seconde fois sauf le Tithonique.

Dans leur étude géologique de la **Haute vallée de Lauenen.** MM. M. Lugeon et G. Roessinger[1] attribuent au Trias un complexe de corgneules, de calcaires dolomitiques et de gypse auquel s'associent vers le S des marnes rouges, vertes ou grises.

Jura. — M. K. Strübin[2], dans sa monographie stratigraphique sur les **environs de Kaiseraugst** (Jura bâlois), donne sur le Trias les renseignements suivants:

La partie inférieure du grès bigarré fait défaut et la série triasique commence par un complexe de grès violets, rougeâtres, verts ou gris, correspondant au Quartzsandstein de Moesch et Schill. et plongeant vers l'W sous le grès bigarré supérieur. Celui-ci débute par des grès violets foncés se désagrégeant en rognons et représentant l'horizon à silex (Carneolhorizont) de Moesch, sur lesquels repose un grès verdâtre à ciment dolomitique. Il se termine par les grès en plaquettes et les argiles bariolées vertes ou rouges du Röth.

Le Muschelkalk présente 3 niveaux distincts:

a) Le Muschelkalk inférieur (Wellengruppe) affleure sur la rive gauche du Rhin en amont de Kaiseraugst et se décompose comme suit:

1° Des couches alternatives de marnes et de dolomies avec un banc calcaire à Encrines, qui ont 6 m. d'épaisseur et représentent le Wellendolomit.

2° Des marnes grises à *Pecten discites* et *Lima lineata* avec bancs minces de calcaire foncé. Ce complexe qui a environ 24 m. d'épaisseur, correspond au Wellenkalk, il renferme à sa partie supérieure un banc calcaire à *Spiriferina*

[1] M. Lugeon et G. Roessinger. Géologie de la Haute vallée de Lauenen. *Archives Genève*, tome XI, p. 74-87.

[2] K. Strübin. Beiträge zur Kenntniss der Stratigraphie des Basler Tafeljura. *Inaugural-Dissertation*. Basel, 1900.

Digitized by Google

fragilis semblable à celui dont M. Schalch a signalé l'existence dans le SE de la Forêt-Noire.

3° Des marnes à *Myophoria vulgaris* et *Myoph. orbicularis*, pauvres en fossiles, qui ont été employées précédemment pour la fabrication du ciment (15 m. d'épaisseur).

b) Le Muschelkalk moyen (Anhydritgruppe) est constitué par un ensemble de couches à faciès très changeant: dolomies, calcaires dolomitiques, argile, sel et gypse, se poursuivant sur 80 m. d'épaisseur. Le gypse est surtout abondant près de la base, tandis que le sel prédomine au contraire à la partie supérieure.

c) Le Muschelkalk supérieur se compose essentiellement de calcaires esquilleux, cristallins ou oolithiques et de dolomies; l'auteur en donne un profil détaillé qu'il a relevé près d'Augst. Les 3 niveaux classiques pour le Trias d'Allemagne: calcaire à Encrines, calcaire à *Ceratites nodosus* et dolomie à *Trigonodus* s'y reconnaissent facilement.

Le calcaire à Encrines a fourni les fossiles suivants: *Lima striata* Schloth., *Pecten laevigatus* Schl., *P. discites* Schl., *Hinnites Schlotheimi* Mer., *Myophoria laevigata* Schl., *Terebratula vulgaris* Schloth., *Encrinus liliiformis* Lk.

Dans le calcaire à *Ceratites nodosus* on retrouve plusieurs des espèces du niveau inférieur auxquelles s'ajoutent *Gervillia socialis* Schloth., *Myophoria elegans* Schl., *Pemphyx Sueuri* Desmar., les Encrines y font complètement défaut. La dolomie du niveau supérieur forme des bancs à structure cristalline qui renferment de nombreux silex. La faune en est formée par un petit nombre d'espèces, mais celles-ci sont abondamment représentées; ce sont *Pecten discites* Schl., *Trigonodus Sandbergeri* Schl., *Myophoria Goldfussi* Alb.; la présence à ce niveau de cette dernière a amené Alberti à faire rentrer la dolomie dans le groupe de la Lettenkohle.

Grâce à sa nature lithologique le Muschelkalk supérieur forme un grand nombre d'affleurements à Augst, à Giebenach, au Ziegelhaus, à Magden, à Niederwald, à Olsbergerwald, à Wintersingen, à Sohrhof. Sa puissance totale est d'environ 50 m.

Le Keuper est formé par un complexe de marnes, de dolomies et de grès pour lequel il est difficile d'établir une classification précise, vu la rareté des fossiles et le caractère toujours très incomplet des profils. On peut cependant y distinguer les 3 termes habituels: Keuper inférieur ou Lettenkohle, Keuper moyen (Bunte Mergel, Schilfsandstein) et Keuper supérieur ou Rhétien.

Digitized by Google

Le Keuper inférieur ne forme dans les environs d'Augst et sur les bords de l'Ergolz que des affleurements limités, mais en comparant les divers profils entre eux et avec les formations correspondantes de Neuewelt sur la Birse, on peut établir de cette série la classification suivante de bas en haut :

1° Schistes gris foncés à *Estheria minuta* avec un banc de Bonebed (1 m. 20).

2° Bancs dolomitiques qui renferment plusieurs niveaux de Bonebed et sont associés à des marnes grises ou rougeâtres avec gypse. Cette zone, très pauvre en fossiles, a pourtant fourni des *Myophoria Goldfussi*. (15 m.)

3° Complexe de dolomies, de marnes grises et de grès qui renferment des débris végétaux en assez grande quantité et même des lits de charbon. Au bord de l'Ergolz on trouve intercalé à ce niveau un Bonebed avec des restes assez bien conservés de sauriens et de poissons. (10 m.)

4° Dolomie limite, sans fossiles, finement plaquetée et jaunâtre. (6-8 m.)

Ce profil rappelle du reste nettement les formations correspondantes du Jura argovien et surtout de la région SE de la Forêt Noire.

Le Keuper moyen est formé de marnes bariolées rouges ou vertes qui renferment des bancs de dolomie blanche ou rougeâtre, des grès et du gypse; les affleurements très imparfaits ne permettent pas d'en établir une coupe précise.

Quant au Rhétien, il ne se prête pas non plus à une étude détaillée dans les environs d'Augst; pour en trouver un profil bien clair il faut aller à **Niederschönthal** sur l'Ergolz près de Liesthal ou M. Strubin[1] a relevé le profil suivant à travers les couches de passage du Keuper au Lias:

Hettangien.

Calcaire gris-bleu en partie spathique avec débris d'Echinodermes, en partie marneux, qui renferme à sa partie supérieure une grande abondance de Cardinia avec *Pentacrinus psilonoti*, *Gryphea arcuata*, *Homomya ventricosa*. (1 m.)

Marne bleuâtre, contenant de la pyrite, avec *Psiloceras* ind., *Cardinia Listeri* Ag., *Modiola psilonoti*, *Pentacr. psilonoti*. (0,15 m.)

[1] K. Strübin. Neue Untersuchungen über Keuper und Lias bei Niederschönthal. Voir *Verh. der naturf. Ges. Basel*, B. XIII, H. 3, p. 586-602. — Voir aussi K. Strübin, Neue Aufchlüsse in den Keuper-Lias-Schichten von Niederschönthal. *Eclogæ geol. Helv.*, vol. VII, p. 119-123.

Digitized by Google

Rhétien.
- Argile grise sans fossile. (0.60 m.)
- Argile grise schisteuse avec lits minces de grès qui a fourni *Modiola minuta*, *Schizodus cloacinus* et des débris de plantes indéterminables. (0.15 m.)
- Grès blanchâtres avec restes de poissons et de reptiles. (0.05 m.)

Keuper.
- Marne grise et calcaire marneux avec débris de sauriens. (2.10 m.) (Marne à *Zanclodon*).
- Conglomérat violacé ou verdâtre à éléments fins dans lequel on a découvert des restes de *Gresslyosaurus ingens* Rüt (0.40 m.).
- Marne dure, verdâtre ou violacée (0.55 m.).

D'après les études stratigraphiques faites par M. A. Buxtorf[1] dans les **environs de Gelterkinden** (Jura bâlois) le Trias n'est représenté dans cette région que par son terme supérieur le Keuper. Celui-ci prend une grande extension dans la partie N de la feuille de Gelterkinden de l'atlas Sigfried, au S de Wegenstetten sur les flancs du plateau de Kei, dans les environs des villages de Hemmiken et de Rickenbach, puis dans la vallée de l'Ergolz entre Böckten et Thürnen et sur le versant N du Kienberg du côté de Wintersingen. Le groupe de la Lettenkohle n'affleure nulle part et les couches qui servent de base à la série appartiennent au Keuper moyen; elles sont caractérisées par la grande abondance du gypse qui alterne ici avec des zones marneuses. Au-dessus le gypse diminue progressivement, tandis que les marnes prédominent de plus en plus, et toute la partie supérieure du Keuper est formée par des marnes dolomitiques bigarrées, vertes, rouges ou violacées. Les fossiles manquent presque partout et la seule zone de la série à laquelle on puisse donner un niveau stratigraphique précis est une couche de dolomie gréseuse et micacée associée à un grès rouge de 1 m. d'épaisseur, qui présente les caractères du Schilfsandstein et renferme par place la flore de ce niveau (carrière de Hemmiken). Un peu au-dessus des bancs de dolomie en plaquettes alternant avec des marnes représentent probablement le Dürröhrlestein du Wutachthal; enfin directement sous l'Hettangien affleure un complexe de dolomies cellulaires et de marnes.

[1] A. Buxtorf. Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, Lieferung 41.

Digitized by Google

M. LEUTHARDT[1] a entrepris une étude de détail des affleurements bien connus de **Keuper inférieur à Neuewelt** près de Bâle. Les couches, qui plongent de 45° vers l'W., sont visibles sur les 2 rives de la Birse; leur principal intérêt réside dans la présence de 2 niveaux très riches en débris de plantes bien conservés. Le niveau inférieur, qui repose sur des marnes rouges de la base de la série, est formé par des schistes à charbon gréseux, de 20 m. environ d'épaisseur. Le niveau supérieur, séparé du précédent par 12 m. de grès en plaquettes ou schisteux, n'a que 1 m. d'épaisseur et se compose de schistes bleuâtres ou noirs. Il supporte 4.5 m. de schistes charbonneux à *Estheria minuta* sur lesquels reposent un banc de grès marneux (6.8 m.) puis 12 à 13 m. de dolomies surmontées par des marnes rouges.

La flore, dont M. Leuthard donne la liste complète, comprend 14 espèces de fougères, pour la moitié desquelles les fructifications ont pu être étudiées. *Equisetum arenaceum* Jaeg. est très abondant et les *Pterophyllum* constituent l'élément le plus caractéristique. Parmi les conifères *Baiera furcata* est très commune.

L'on n'a découvert des fossiles animaux que dans une argile dolomitique qui surmonte directement le niveau à plantes supérieur. Les espèces qui ont pu en être déterminées sont les suivantes: *Anoplophora* cf. *lettica* Qu., *Lucina Schmidti* Gein., *Estheria minuta* Goldf., *Gyrolepis cf. tenuistriatus*.

JURASSIQUE

Alpes. Nous relevons dans la monographie de M. BALTZER[2] sur la **région du lac d'Iseo** le profil suivant des formations jurassiques:

Jurassique supérieur et moyen.	Complexe formé surtout de schistes siliceux jaunes-bruns, rougeâtres ou verts, esquilleux, avec des calcaires gréseux renfermant des traînées de silex. Ces couches ne contiennent pas d'autres fossiles que des Radiolaires (indéterminés).

[1] F. LEUTHARDT. Beiträge zur Kenntniss der Flora und Fauna der Lettenkohle von Neuewelt bei Basel. *Eclogae geol. Helv.*, tome VII, N° 2, p. 125-128.

[2] A. BALTZER. Geologie der Umgebung des Iseosees. *Geol. u. Pal. Abhandl.* von E. Koken. Neue Folge, B. V, H. 2, 1901.

Digitized by Google

Lias.

d) Calcaires marneux compacts, rouges ou gris avec des Harpoceratidés et des Brachiopodes toarciens.

c) Calcaire compact gris, avec parfois des taches ou des traînées foncées, qui contient *Harpoceras algovianum* Opp., *Harp. retrorsicostatum* Opp., *Harp. boscense* Opp., *Harp. Bertrandi* Opp., *Dactylioceras Haueri* Geyer., *Coeloceras Mortilleti* Menigh., *Amaltheus margaritatus* Sow.

b) Calcaire gris compact avec *Platipleuroceras Salmojraghii* Par., *Liparoceras Beckei* Sow.

a) Calcaire gris, compact ou finement cristallin et dolomies à *Arietites geometricus.*

M. A. v. Bistram[1] a relevé, dans une notice préliminaire sur la **géologie des environs du lac de Lugano**, la présence au Monte-Bolgia et au Monte Bre sur la dolomie à *Conchodon* du Rhétien de calcaires marneux gris bleuâtres, bien stratifiés, dont les bancs inférieurs contiennent une petite faune de fossiles silicifiés parmi lesquels les formes suivantes ont été déterminées: *Schlotheimia angulata* var. exoptycha Wähn., *Aegoceras tenerum* Neum., d'autres Aegoceras voisins de *Aegoc. Naumanni* Neum., *Plicatula intusstriata.* Outre les Ammonites et les Plicatules on trouve dans la même couche de nombreux Gasteropodes, divers Lamellibranches, des Coraux et une grande abondance de débris de Radiolaires et de Foraminifères (Lagenidés). Cette faune est incontestablement hettangienne, tandis que les couches qui la renferment sont indiquées sur la carte géologique de la Suisse comme Rhétien.

Après avoir étudié le Fläscherberg, M. Th. Lorenz[2] a entrepris la tâche d'éclaircir la géologie si compliquée du **Rhätikon**. Nous extraions de la partie stratigraphique de son travail les renseignements qui suivent sur les formations jurassiques.

Ce système prend un grand développement entre le Trias

[1] A. v. Bistram. Ueber geologische Aufnahmen zwischen Luganer und Comer-See. *Centralblatt f. Min., Geol. u. Pal.*, 1901, p. 737-740.

[2] Th. Lorenz. Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Facies, 2. Theil, der südliche Rhätikon. *Ber. der naturf. Ges. zu Freiburg i. B.*, B. XII, 1901.

Digitized by Google

du Vorarlberg et le Flysch oligocène du Prättigau. L'auteur n'a découvert nulle part du Lias; il considère comme possible que les fossiles liasiques trouvés par Theobald près de Ganey (1 Harpoceras cf. radians et 1 Terebratula) aient fait partie des matériaux erratiques très abondants dans la région; d'autre part les couches que l'on avait identifiées jusqu'ici aux schistes liasiques de l'Algäu sont en réalité d'âge crétacique.

Le Jurassique moyen paraît faire également défaut, par contre le Jurassique supérieur est très développé et se présente sous 5 faciès différents:

1° Entre le Falkniss à l'W et les Kirchlispitzen à l'E le Malm est représenté par un calcaire gris, tantôt schisteux, tantôt en bancs épais, renfermant des chaînes de silex, qui rappelle le Hochgebirgskalk. Ce calcaire passe localement à une brèche polygénique connue déjà sous le nom de brèche du Falkniss, qui renferme par places des blocs énormes et dont les éléments sont des roches granitiques, des quartzporphyres, des aplites, des calcaires et des dolomies du Trias. Le calcaire gris et le ciment de la brèche sont fréquemment oolithiques et renferment à profusion les restes d'un Foraminifère tout nouveau voisin de Lagena *Calpionella alpina* Lor.

2° Un peu au S du Falkniss sur le versant N du Gleckhorn affleure une brèche dolomitique qui a été considérée successivement comme liasique et comme crétacique. Mais la présence dans cette formation de *Calpionella alpina* que M. Lorenz a découverte non seulement dans les calcaires précités, mais aussi dans les calcaires suprajurassiques du type vindélicien et dans le Tithonique du versant S des Alpes, permet de considérer ce faciès spécial comme appartenant au Jurassique supérieur. Cette brèche renferme en outre: *Prosopon marginatum* v. Meyer, *Lima latelunulata* Böhm, *Lima Pratzi* Böhm, *Placunopsis tatrica* Opp., *Spondylus globosus* Ou., *Heterodiceras p. Lucii* Defr., *Plicatula strambergensis* Böhm, etc., en un mot une faune nettement tithonique.

3° Localement les calcaires gris du Malm prennent un caractère franchement oolithique; c'est ce faciès qui se rencontre à l'E de Schamella sur le flanc N de la vallée de l'Alp Vals et surtout plus à l'E dans le massif des Kirchlispitzen, de la Drusenfluh et de la Sulzfluh. Ces calcaires oolithiques sont remplis de Nerinées: *Nerinea Lorioli* Zittel, *Ptygmatis pseudobruntutana* Gem.

4° M. Lorenz attribue en outre avec doute au Jurassique

Digitized by Google

un ensemble de calcaires rouges et de schistes métamorphisés à Radiolaires, qui affleurent sur les 2 versants des Kirchlispitzen et à l'Ofenpass; ce même complexe se retrouve du reste dans la région de Davos où MM. Rothpletz et Jennings les attribuent au Permien.

5° Enfin au Tussberg (Lichtenstein) l'on peut voir des calcaires gris en bancs alternant avec des lits marneux et renfermant par place des bancs de brèche à *Calpionella alpina*.

Parmi ces divers faciès les marno-calcaires à *Calpionella*, les calcaires oolithiques, les schistes à radiolaires présentent une analogie très réelle avec certaines formations suprajurassiques de la zone des Préalpes et des Klippes. La brèche du Falkniss est une brèche sédimentaire qui a été ensuite rendue doublement bréchiforme par une dislocation intense de sa masse; parmi les éléments qu'elle renferme on trouve des roches toute semblables à certains schistes cristallins de la zone du Briançonnais et M. Lorenz admet que ce conglomérat, comme les formations analogues du Crétacique inférieur et du Flysch, a dû se déposer le long de la côte d'une terre située plus au S, qui aurait été constituée géologiquement comme la zone du Briançonnais.

MM. M. Lugeon et G. Roessinger[1] ont distingué entre le Flysch de la zone du Niesen et la région des Hautes-Alpes calcaires dans la **Haute vallée de Lauenen** 3 zones successives du N au S qui sont formées essentiellement de terrains secondaires.

Dans la 1re zone on voit, s'enfonçant sous le Flysch, une brèche spathique grise, rose ou verdâtre avec Bélemnites, semblable à la roche des Klippes du pied du Chaussy, qui appartient au Lias ou au Dogger, cette brèche s'appuie sur des calcaires foncés à Bélemnites liasiques, qui sont supportés à leur tour par du Trias.

Dans la 2e zone le Jurassique est représenté par des marnes noires à rognons pyriteux qui renferment des Posidonomyes et des Harpoceras du Lias et par une brèche à Ammonites et à Bélemnites qui pourrait être du Lias inférieur ou du Dogger.

La 3e zone, qui s'appuie sur les roches des Hautes-Alpes calcaires, comprend, outre les cornieules et gypses du Trias et le Flysch, des marnes grises ou noires à *Phylloceras tortisulcatum* (Oxfordien) et des calcaires gris à nodules siliceux

[1] M. Lugeon et G. Roessinger. Géologie de la haute vallée de Lauenen. *Archives*, tome XI, p. 74.

Digitized by Google

avec des Aptychus, des Terebratules, des Bélemnites et des Ammonites (Malm).

Nous avons analysé l'année dernière dans cette Revue pour 1900 le tableau établi par M. R. DE GIRARD pour les **formations jurassiques du canton de Fribourg.** Le même auteur[1] a publié une nouvelle édition, considérablement augmentée, de son tableau des terrains de la région fribourgeoise. Nous renonçons à donner ici de la partie de ce travail qui concerne le Jurassique un abrégé qui ne serait guère que la répétition de celui que nous avons publié l'année dernière.

Jura. — La monographie précitée de M. K. STRÜBIN[2] sur la stratigraphie des environs de **Niederschönthal** et de Kaiseraugst donne une description détaillée des formations jurassiques de cette région.

Le Lias inférieur est particulièrement bien développé près de Niederschönthal où il présente la succession suivante:

1° Marne noire bleuâtre, riche en pyrite avec *Pentacrinus psilonoti* Qu., qui paraît correspondre avec une épaisseur très réduite aux marnes à insectes de Schambelen (Argovie) et aux couches à *Psil. planorbe* avec peut-être une partie de la zone à *Schlot. angulata* (0.15 m.).

2° Calcaire gris bleuâtre à Echinodermes avec *Pecten cf. Hehlii* d'Orb et *Lima gigantea* Sow. (0.70 m.).

3° Marne noire à *Gryphea arcuata* (0.05 m.).

4° Calcaire dur, cristallin, gris bleuâtre, riche en Cardinies (*Cardinia Listeri*) (0.25 m.).

Ces 3 derniers niveaux, dont l'âge ne peut pas être précisé d'une façon absolue, paraissent correspondre à la partie supérieure de l'Hettangien.

5° Calcaire dur, cristallin, gris, avec des intercalations marneuses, qui renferme *Arietites Bucklandi* Sow., *Gryphea arcuata* Lam., *Spiriferina Walcotti* Sow. (3 m.).

6° Calcaire spathique, bleuâtre, à *Asteroceras stellare* Sow., *Pentacr. tuberculatus* Mill., *Gryphea obliqua* Goldf. (0.40 m.).

7° Marnes noires, micacées, sans fossile déterminable, qui paraissent représenter le niveau à Asteroceras obtusum Sow. (3 m.).

[1] R. DE GIRARD. Tableau des terrains de la région fribourgeoise. *Mém. de la Soc. frib. des sc. nat.*, vol. II, fasc. 2.

[2] K. STRÜBIN. Beiträge zur Kenntniss der Stratigraphie des Basler Tafeljura. Bâle, 1900.

Digitized by Google

Le Lias moyen n'affleure que d'une façon très imparfaite dans toute la région étudiée, il semble pourtant que les trois zones à *Deroceras Davoei*, à *Amaltheus margaritatus* et à *Amaltheus spinatus* sont ici régulièrement superposées. Quant au Lias supérieur il est aussi le plus souvent couvert par la végétation, on peut néanmoins y reconnaître la présence d'un complexe de marnes et d'argiles à *Posidonomya Bronni* surmontées par des marnes à *Lytoceras jurense*.

Le Dogger se subdivise de la façon suivante:

Le Dogger inférieur comprend les couches à *Lioceras opalinum* et les couches à *Ludwigia Murchisonae*; les premières sont représentées par 50 à 60 m. de marnes et d'argiles d'un faciès tout-à-fait analogue à celui de la zone à *Lytoceras jurense* mais qui sont très fossilifères; la base en est formée par des marnes foncées à *Lytoceras torulosum* et à *Estheria Suessi* dans lesquelles *Lioceras opalinum* fait son apparition. Puis viennent des marnes dures avec intercalations calcaires à *Pentacrinus wurtembergicus*, dans lesquelles on rencontre *Lioceras opalinum* et la faune caractéristique des couches à *Trigonia navis*. Les calcaires à Pentacrines intercalés ici se retrouvent tout-à-fait les mêmes et à un niveau correspondant en Souabe.

Les couches à *Ludwigia Murchisonæ* sont composées d'une série de 15 à 20 m. d'épaisseur de calcaires gris et de marnes avec des zones d'oolithes ferrugineuses. Elles commencent par une base oolithique riche en Ammonites avec divers *Grammoceras;* puis viennent des Schistes à *Cancellophycos scoparius* sur lesquels reposent des calcaires oolithiques et spathiques à *Ludwigia Murchisonae*. La zone supérieure est caractérisée par la présence de *Lioceras concavum*.

Dans son Dogger moyen M. Strübin fait rentrer les couches à *Sonninia Sowerbyi*, à *Sphaeroceras Sauzei*, à *Stephanoceras Humphriesi* et à *Stephanoceras Blagdeni*.

La zone à *Sonninia Sowerbyi* (12 m.) présente un faciès marneux avec des intercallations d'oolithes ferrugineuses; l'auteur en donne un profil complet qu'il a relevé sur les bords de l'Ergolz à Itingen. *Inoceramus polyplocus* Rœm. y est particulièrement abondant surtout à la partie inférieure, et *Pecten aratus* Waagen en est un des fossiles les plus caractéristiques. On y a découvert en outre *Sonninia Sowerbyi* Miller en plusieurs variétés, *Son. jugifera* Waagen, *Bel. Blainvillei* Voltz, *Bel. gingensis* Op., *Bel. giganteus* Schlot., *Bel. brevispinatus* Waagen, plus une faune abondante de

Digitized by Google

Lamellibranches, de Brachiopodes, d'Echinides et de Crinoïdes. Ces couches affleurent rarement d'une façon satisfaisante dans les environs d'Augst; les principaux gisements sont au Bienenberg et à Burghalden.

La zone à *Sphaeroceras Sauzei* (15 m.) se compose de calcaires gris gréseux et de marnes, dans lesquels s'intercalent surtout près du haut des oolithes ferrugineuses. Les affleurements en sont du reste peu satisfaisants dans les environs d'Augst, mais M. Strübin en a relevé 2 profils l'un au Grammont, près de Lausen, l'autre dans un ravin près de de cette même localité. Après des alternances peu puissantes de marnes et de calcaire à *Rhynchonella spinosa* Schlot. *Pecten lens* Sow., etc.,... vient un niveau riche en oolithes qui renferme de nombreux piquants de *Rhabdocidaris horrida* Mer., *Stephan. cf. Baylei* Op., *Sonninia alsatica* Haug. etc....

La zone à *Stephan. Humphriesi* est formée par 1 m. à peine d'un calcaire marneux à oolithes ferrugineuses qui renferme *Steph. Humphriesi* Sow., *Steph. linguiferum* d'Orb. *Steph. subcoronatum* Op., *Steph. Braikenridgi* Sow., *Sphaeroc Gervilii* d'Orb., *Sphaer. Brongniarti* Sow. Ce calcaire affleure près d'Arisdorf et de Nusshof.

La zone à *Steph. Blagdeni* comprend 20 à 30 m. de calcaire gris, grèseux, associés à des marnes de même couleur, dans lesquelles on a trouvé: *Steph. Blagdeni* Sow., *Bel. giganteus* Schlot., *Bel. breviformis* Voltz, *Lima duplicata* Mor. et Lyc., *Avicula Münsteri* Br., *Pinna Buchii* Koch et Dunk, etc....

Dans le Dogger supérieur l'auteur fait rentrer: le *Hauptrogenstein*, les couches à *Terebratula maxillata*, les couches à *Parkinsonia ferruginea*, les couches à *Rhynchonella varians*, les couches à *Macrocephalites macrocephalus* et les couches à *Cardioceras Lamberti*.

Le Hauptrogenstein, tout en possédant un faciès assez uniforme de calcaire oolithique (70-80 m.), présente toutefois des niveaux bien caractérisés; tel est le cas de la brèche à Echinodernes, remplie de débris de *Cainocrinus Andreae* P. de Lor., qui se trouve partout à la base de la série au-dessous du niveau inférieur à *Ostrea acuminata*. Plus haut et après une zone moyenne à faciès uniforme apparaît un calcaire compacte remplis de Nerinées et terminé à sa partie supérieure par un banc d'huîtres. Celui-ci supporte des marnes jaunâtres à *Ostrea acuminata* Thurm. et *Pteroperna*

Digitized by Google

oolithica Grep., qui correspondent au niveau supérieur à *Ostrea acuminata* de M. Mühlberg.

La zone à *Terebratula maxillata* débute par des marnes jaunâtres, très fissiles, qui renferment une *Terebratula* voisine de *Ter. maxillata* Sow., qui est probablement identique avec *Ter. moveliensis* Mühlb. Sur ces marnes repose un calcaire spathique avec débris de Coralliaires. Les fossiles de cette zone sont: *Lima cardiiformis* Sow., *L. bellula* Mor. et Lyc., *L. proboscidea* Lam., *Lucina Bellona* d'Orb., *Ter. cf. maxillata* Sow.

Les couches à *Parkinsonia ferruginea* sont représentées dans les environs de Kaiseraugst par des calcaires spathiques grossièrement oolithiques riches surtout en Echinides: *Holectypus depressus* Leske, *Clypeus Hugii* Ag., *Clypeus Ploti* Klein, *Echinobrissus clunicularis* d'Orb.

Le niveau à *Macroc. macrocephalus* ne présente pas dans la région étudiée d'affleurements distincts; pourtant M. Strübin a trouvé près de Alp, vers la route d'Arisdorf, un échantillon de *Macr. macrocephalus* qui permet de considérer comme certaine la présence sur ce point des couches correspondantes. Celles-ci sont probablement formées comme dans la région de Liestal, de marno-calcaires fortement imprégnés de pyrite.

Les couches à *Cardioceras Lamberti* sont mal caractérisées au point de vue paléontologique; on trouve en effet au-dessus du niveau à *Macroc. macrocephalus* des argiles bleuâtres qui contiennent des fossiles de la zone à *Cardioceras Lamberti* et d'autres qui appartiennent au niveau à *Creniceras Renggeri*, tels que *Hecticoceras punctatum* Stahl et *Quenstedticeras Mariae* d'Orb.

Les formations supra-jurassiques ne contribuent que pour une très petite part à la constitution du sol dans la région d'Augst; elles affleurent entre Nusshof et Hersberg et au S d'Arisdorf. Les couches de Birmensdorf à *Peltoceras transversarium* sont représentées par des marnes et des calcaires gris ou jaunâtres, très riches en Spongiaires qui renferment *Ochetoceras canaliculatum*, *Oppelia arolica*, etc.... Les couches d'Effingen à *Terebratula impressa* offrent également un faciès marno-calcaire. Quant aux autres niveaux du Malm ils prennent dans les environs d'Augst des caractères identiques à ceux que M. von Huene a relevés et décrits pour les formations correspondantes de la région de Liestal (voir *Revue* 1900).

Digitized by Google

M. K. Strübin[1] a d'autre part publié dans une courte notice un profil détaillé à travers le Dogger inférieur, dans le lit de la Frencke au S de **Liestal.** La série étudiée se décompose de la façon suivante de bas en haut:

Zone à Lioceras opalinum (45.40 m.)

1. Marne grise, micacée, sans fossile (7 m.).
2. Calcaire dur bleuâtre, riche en fossiles avec *Avicula Münsteri* Br. (0.1 m.).
3. Marne grise à *Estheria Suessi* (10 m.).
4. Marne dure, brunâtre, à *Lioc. opalinum*, *Bel. inornatus*, *Pentacr. würtembergicus* (0.15 m.).
5. Marne bleuâtre, micacée avec fragments de Bélemnites (4 m.).
6. Calcaire spathique bleuâtre remplis de débris de *Pentacr. würtembergicus* (0.08 m.).
7. Marne feuilletée bleuâtre sans fossiles (3 m.).
8. Marne grise à miches calcaires (0.40 m.).
9. Marne dure, grise, riche en mica (2 m.).
10. Calcaire concretionné dur, bleuâtre, avec de nombreux *Lioc. opalinum* (0,1 m.)
11. Calcaire marneux gris à oolithes blanches avec *Lytoc. dilucidum*, *Bel. tricanaliculatus*, *Bel. inornatus*, *Lima proboscidea*, *Pecten lotharingicus*, etc.... (0.80 m.).
12. Marne dure, grise avec des *Pholadomya* et des *Grammoceras* (0.30 m.).
13. Calcaire gris compacte sans fossiles (0.20 m.).
14. Marne grise, sans fossiles déterminables (3 m.).
15. Calcaire concretionné, bleuâtre avec des taches foncées (0.1 m.).
16. Calcaire marneux gris à oolithes blanches renfermant *Turritella opalina*, *Hammat. cf. subinsigne* (0.30 m.).
17. Marne grise dure à *Belemnites breviformis*, *Trochus subduplicatus*, *Trigonia tuberculata*, *Goniomya Knorri*, *Pholadomya reticulata*, *Pinna opalina*, *Pecten undenarius* (0.30 m.).
18. Calcaire gris compact sans fossiles (20 m.).
19. Alternance de marnes et de calcaires gris sans fossiles (13 m.).

[1] K. Strübin. Ein Aufschluss der Opalinus-Murchisonæ-Schichten im Basler Tafel-Jura. *Centralblatt für Min., Geol. u. Pal.*, 1901, N° 11, p. 327-333.

Digitized by Google

Zone à Ludw. Murchisonae (15 m.)

20. Calcaire gris, rugueux, à concrétions brunes (0.1 m.).
21. Calcaire oolithique ferrugineux avec *Ludwigia cf. Murchisonae* et divers *Grammoceras* (0.5 m.).
22. Marne bleu-foncé, micacée (0.5 m.).
23. Calcaire dur, gréseux, gris-bleuâtre (0.10 m.).
24. Marne bleu-foncé, micacée (0.8 m.)
25. Calcaire, micacé, bleuâtre avec des intercalations marneuses à *Cancellophycos scoparius*, *Pecten disciformis* et des Bélemnites (13 m.).
26. Calcaire spathique, devenant rougeâtre à l'air, à *Ludw.*, *Murchisonae* (2-3 m.).

En résumé ce profil montre que la base des couches à *Lioc. opalinum* est formée de marnes micacées à *Estheria Suessi* avec probablement *Lytoc. torulosum;* au-dessus viennent les calcaires à Pentacrines qui correspondent aux formations homologues de la Souabe; puis suivent de nouvelles marnes sur lesquelles reposent un calcaire concretionné à *Lioc. opalinum*, des calcaires oolithiques, des calcaires sableux et des marnes micacées, qui constituent la partie supérieure du niveau à *Lioc. opalinum* et correspondent aux couches à *Trigonia navis* de la Souabe.

Il existe dans les collections du Musée de Bâle plusieurs échantillons de *Lioceras concavum* qui proviennent d'une tranchée de chemin de fer près de Liestal et des flancs du Hauenstein au-dessus de Trimbach près d'Olten. Ces fossiles paraissent avoir été inclus dans une marne bleuâtre, mais l'on n'a jamais pu jusqu'ici établir les relations qui existent entre la couche qui les renferme et les couches à *Sonninia Sowerbyi*, ou celles à *Inoceramus polyplocus*.

Par contre M. K. Strübin[1] a pu relever au **Frickberg** (Argovie) un profil détaillé des formations correspondantes:

Couches à *L. concavum* et *S. Sowerbyi*.

10. Marne ocreuse à *Inoc. polyplocus*, et *Bel. Blainvillei* avec fragments de Lioceras (0.4 m.).
9. Marne micacée bleuâtre (1.9 m.).

[1] K. Strübin. Ueber das Vorkommen von Lioceras concavum im nordschweizerischen Jura. *Centralblatt für Min., Geol. u. Pal.* 1901, N° 19, p. 585-587.

Digitized by Google

8. Marne ocreuse à *Inoc. polyplocus, Bel. Blainvillei* et *Bel. gingensis*
7. Marne bleue à *Inoc. polyplocus* (0.8 m.).
6. Marne ocreuse et marno-calcaire à *Sonninia Sowerbyi* var. *costosa* Quens., *Bel. gingensis* et *Inoc. polyplocus* (0.4 mètre).
5. Calcaire oolitique et ferrugineux avec fragment d'*Harpoceras* (0.4 m.).
4. Marne micacée à Pholadomyes et fragments d'*Harpoceras* (0.2 m.).
3. Calcaire oolithique et ferrugineux à *Harpoc. laeviusculum* et *Lioc. concavum* (0.6 m.).

Couches à *L. Murchisonae.*

2. Marne micacée bleuâtre à *Avicula, Pecten, Belemnites* (4.8 m.).
1. Calcaire compact bleaâtre (2.90 m.).

Les ammonites de la couche 4 désignées dans le tableau sous le nom de *Lioc. concavum* ont été communiquées à M. Buckmann qui en a fait les déterminations suivantes :

1° *Lucya cavata* Buckm. (= *Lioc. concavum* var. *scriptum* Buckm.).
2° *Brasilia sublineata* Buckm. (= *Lioc. concavum* Sow. p. p.).
3° *Graphoceras decorum* (?) Buckm. (= *Lioc. concavum* Sow. p. p.).
4° *Ludwigella ex. aff. rudis* Buckm.

Le niveau à *Lioc. concavum* se retrouve donc dans le Jura argovien entre les couches à *Ludw. Murchisonae* et celles à *Son. Sowerbyi* et, là où il manque comme à Betznau, son absence paraît devoir être attribuée à une période d'émersion et d'érosion, comme l'a déjà admis M. M. Mühlberg.

Grâce à l'étude détaillée que M. A. Buxtorf[1] a faite des formations jurassiques des **environs de Gelterkinden** (Jura bâlois), on peut établir une comparaison intéressante entre les dépôts de cette région et ceux du territoire d'Augst étudiés par M. Strübin.

Le Lias forme une bande continue depuis le versant N de la Geissfluh jusqu'à Hemmiken; il se retrouve tout autour du Farnsberg et du Kienberg puis vers l'église de Gelterkinden,

[1] A. Buxtorf. Geologie der Umgebung von Gelterkinden. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz*, 41. Lief.

Digitized by Google

au S de Böckten et à l'W de Thürnen. Les points les plus favorables à son étude sont: 1° les pentes qui dominent l'Ergolz au S de la scierie de Böckten, ou le Lias inférieur est particulièrement bien développé; 2° les pâturages de Buacker au-dessus de Wegenstetten, où l'on peut relever une bonne coupe du Lias moyen; 3° sur la route de Rickenbach à Hintern-Egg où affleure le Lias moyen et supérieur.

Le profil de bas en haut à travers le Lias peut se résumer comme suit:

1° Marnes foncées et feuilletées sans fossiles (0.1 m.).

2° Calcaires spathiques en bancs avec *Cardinia Listeri*, *Car. concinna*, *Lima gigantea*, etc.... (0.5 m.).

3° Calcaire spathique gris, en bancs séparés par de minces intercalations marneuses avec *Coroniceras Bucklandi*, *Arnioceras geometricum*, *Nautilus striatus*, *Bel. acutus*, *Gryphea arcuata*, *Pleuromya striatula*, *Spiriferina pinguis*, *Terebratula ovatissima*, etc.... (1.60 m.).

4° Calcaires et marnes gris à *Bel. acutus*, *Gryphea obliqua*, *Ter. Piettana*, *Rhynch. variabilis*, *Rhynch. belemnitica*, *Spirif. Walcotti*, etc.... (1.60 m.).

5° Argiles grises avec rognons calcaires à la partie supérieure (couches à *Ar. obtusus*) (6 m.).

6° Marnes et calcaires gris à *Gryphea obliqua*, *Bel. acutus*, *Bel.* cf. *umbilicatus*, *Pholad. decorata*, *Pholad. Idea*, *Rhynch. variabilis*, *Rhynch. oxynoti*, *Rhynch. plicatissima*, *Rhyn. calcicosta*, *Spirif. Münsteri*, etc.... (1.3 m.).

7° Calcaire gris compact avec des intercalations de brèche à Echinodermes qui renferme de nombreux débris de Belemnites et à sa partie supérieure *Lytoceras fimbriatum*, *Aegoceras capricornu*, *Bel. umbilicatus* (zone à *Der. Davoei*) (1 m.).

8° Marnes sableuses avec rognons calcaires dans lesquelles on trouve: *Bel. paxillosus*, *Bel. compressus*, *Aegoc. capricornu*, *Am. margaritatus*, *Plicatula spinosa* (1 m.)

9° Alternances de marnes et de calcaires avec *Amaltheus spinatus* (0.75 m.).

10° Marnes et argiles schisteuses à *Posidonomya Bronni* terminées à leur partie supérieure par un banc de calcaire bitumineux rempli de débris de poissons (*Leptolepis Bronni*) (1.3 m.).

11° Schistes, argiles et marnes gris ou jaunâtres, renfermant de nombreux bancs de chailles, avec *Lyt. jurense*, *Lioc.*

Digitized by Google

aalense, *Harpoc. comptum*, *Harp. mactra*, *Harp. costula*, *Harp. subcomptum* et une série de Bélemnites (2.5 m.).

12° Argiles feuilletées et micacées, gris-foncé, avec *Lioceras opalinum* et *Posidonomya opalina*.

La série liasique a, dans les environs de Gelterkinden une épaisseur très réduite, 17 à 20 m. au lieu de 50 m. qu'elle a dans le Jura argovien et dans la région étudiée par M. Schalch entre le Rhin et le Danube. Les marnes foncées de la base et le calcaire à Cardinies correspondent à l'Hettangien, les couches 3, 4, 5 et 6 représentent le Sinémurien, la couche 7 paraît être l'équivalent de la zone à *Deroceras Davoei* et supporte les couches à *Am. margaritatus* et à *Am. spinatus*. Le Lias supérieur est formé par les deux derniers niveaux, couches à Posidonomyes et à *Lytoceras jurense*.

Le Jurassique moyen débute par le puissant complexe des argiles à *Lioc. opalinum*, qui a une épaisseur de 50 à 60 m. A la base ces argiles sont feuilletées, micacées et renferment en grande abondance *Lioc. opalinum* et *Posidonomya Suessi;* à leur partie supérieure des bans nombreux de calcaire à *Pentacr. würtembergicus* s'y intercalent.

Les couches à *Ludwigia Murchisonae* commencent par une zone de calcaire finement spathique, ocreux par place, d'une épaisseur indéterminée avec *Harpoc. opalinoïdes*, *Posidonomya opalina*, *Pecten pumilus*, *Pecten disciformis*. Une mince couche de marne à *Ludwigia Murchisonae* et *Bel. cf. giganteus* sépare ce niveau d'un second banc de calcaire spathique de 3 m. environ d'épaisseur qui renferme *Ludw. Murchisonae*, *Harpoc. laeviusculum*, *Pecten gingensis*. Enfin au-dessus d'une nouvelle bande mince de marne vient un 3e banc de calcaire spathique et ocreux dans lequel on a récolté *Lioceras concavum* avec *Ludw. Murchisonae*.

Les couches à *Sonninia Sowerbyi* sont formées dans les environs de Gelterkinden par des alternances de marnes grises, micacées, et de calcaire spathique ocreux, riche en débris de Crinoïdes, dont l'épaisseur est difficile à déterminer et dont les affleurements sont rares. Sur ce complexe reposent des calcaires gris, sableux, qui sont surmontés par des alternances de marnes et de calcaires. La partie supérieure de cette dernière zone forme un passage lithologique graduel aux couches à *Stephan. Humphriesi* par le développement progressif des oolithes. Ces alternances marno-calcaires renferment du reste une faune abondante qui permet de les paralléliser avec la zone à *Sph. Sauzei;* les Lamellibranches

Digitized by Google

et les Céphalopodes y sont particulièrement abondants et ces derniers sont représentés par les espèces suivantes: *Witchellia Romani*, *W. complanata*, *W. Edouardiana*, *Sonninia furticarinata*, *Son. alsatica*, *Poecilomorphus cycloïdes*, *Sphaeroceras polyschides*, *Sph. evolvescens*, *Sph. Brongniarti*, *Sph. Gervilei*, *Steph. cf. linguiferum*, *Bel. quinquesulcatus*, *Bel. giganteus*, *Bel. breviformis*, *Bel. canaliculatus*, *Bel. sulcatus*, *Bel. bessinus*. *Rhabdocidaris horrida* est caractéristique pour les zones oolithiques.

La zone à *Steph. Humphriesi* est représentée par 1 m. d'oolithe ferrugineuse avec *Steph. Humphriesi*, *St. Braikenridgi*, *St. linguiferum*, diverses espèces de Lamellibranches entre autres *Modiola cuneata*, *Mod. Lonsdalei*, *Trigonia costata*, *Trigonia denticulata*, etc..., et des Brachiopodes: *Rhynchonella acuticosta*, *Rh. spinosa*, *Terebratula perovalis*, *Zeilleria subbucculenta*, *Waldheimia carinata*.

Les couches à *Stephanoceras Blagdeni*, qui ont été très bien mises à jour par un glissement de terrain au-dessus de Thürnen, ont une épaisseur de 30 m. environ; elles se composent en grande partie de calcaires sableux en bancs alternant avec des marnes; à leur partie supérieure apparaissent des oolithes qui, en devenant de plus en plus abondantes, établissent un passage graduel au Hauptrogenstein. A côté de *Steph. Blagdeni* on trouve à ce niveau *Bel. canaliculatus*, *Avicula Münsteri*, *Av. echinata*, *Lima semicircularis*, *Rhynch. spinosa*, *Waldh. carinata*, *Zeilleria subbucculenta*, *Pentacrinus cristagalli*, etc....

Le Hauptrogenstein est formé par 70 à 80 m. d'oolithes fines et de couleur claire; il contient à 20 m. environ au-dessous de sa limite supérieure une couche de 2.5 m. d'épaisseur de marnes et de marno-calcaires. Il y a tantôt passage graduel, tantôt limite tranchée entre ces oolithes et les calcaires spathiques de la zone suivante.

Celle-ci, caractérisée par la présence de *Terebratula cf. maxillata* Sow. (= *Ter. moveliensis* Mühlb.), renferme d'autre part *Parkin. Parkinsoni*, *Ostrea Knorri*, *Limatula helvetica*, *Clypeus Ploti* et de nombreux débris de polypiers. Elle se compose de 3 m. environ de calcaires spathiques, ocreux, oolithiques par place.

Les couches à *Rhynchonella varians*, qui ont de 10 à 14 m. d'épaisseur, ne forment pas d'affleurements favorables dans la région étudiée; elles présentent un faciès marneux et renferment une faune abondante dans laquelle prédominent les

Digitized by Google

Lamellibranches; comme Céphalopodes on y trouve *Oppelia aspidoïdes* Op., *Op. fusca* Qu., *Bel. canaliculatus* Schloth.

Les couches à *Macroc. macrocephus* n'affleurent presque nulle part d'une façon nette; elles se composent d'argiles avec des oolithes ferrugineuses et des bancs de calcaire spathique; elles renferment: *Macroc. macrocephalus*, *Macroc. tumidus*, *Sphaeroceras bullatum*, *Perisph. funatus*, *Oppelia fusca*, *Lima proboscidea*.

Ce sont des argiles bleues avec des oolithes ferrugineuses qui représentent le niveau à *Cosmoceras ornatum*. On y trouve une faune abondante de petites ammonites pyriteuses des zones à *Cardioc. Lamberti* et à *Cardioc. cordatum*.

Quant au Jurassique supérieur il ne comprend dans les environs de Gelterkinden que les couches de Birmensdorf, d'Effingen et du Geissberg avec des faciès absolument analogues à ceux que l'on connaît pour les formations correspondantes du Jura argovien.

Nous devons à M. de Loriol[1] une nouvelle monographie sur les **Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien moyen et supérieur** du Jura bernois. Grâce aux abondantes récoltes de fossiles faites par MM. Matthey, Greppin, Rollier et Koby dans les couches de l'Oxfordien moyen en particulier à la Paturatte, à Montfaucon, à Valbert, à Trembiaz, etc..., l'auteur a pu compléter d'une façon importante la liste de la faune incluse dans ce niveau; il a rectifié d'autre part plusieurs erreurs de détermination faites soit par M. Roeder soit par lui-même et a décrit les 20 espèces nouvelles suivantes:

Creniceras valbertense.	Kobya typica (nov. gen.)
Perisphinctes montaneyensis.	Protocardium valbertense.
Per. paturattensis.	Unicardium paturattense.
Per. Thurmanni.	Unicardium exiguum.
Per. montfalconensis.	Astarte Pagnardi.
Per. Rollieri.	Arca montaneyensis.
Per. episcopalis.	Arca valbertensis.
Spinigera Rollieri.	Arca Drya.
Littorina montaneyensis.	Perna Kobyi.
Cercomya Mattheyi.	Lima trembiazensis.

Nous renonçons à donner ici la liste des espèces examinées par M. de Loriol, dont le nombre s'élève à 96, soit

[1] P. de Loriol. Etude sur les Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien supérieur et moyen du Jura bernois. *Mém. de la Soc. paléont. suisse*, vol. XXVIII, 1901.

Digitized by Google

23 espèces de Céphalopodes, 15 de Gastéropodes, 55 de Lamellibranches et 3 de Brachiopodes. Le gisement de la Paturatte a fourni à lui seul 41 espèces. Qu'il nous suffise d'indiquer en terminant que les nouvelles observations de l'auteur augmentent encore beaucoup l'analogie faunistique qui existe entre l'Oxfordien moyen du Jura bernois et celui des environs de Ferrette.

Crétacique.

Alpes. — D'après M. A. Baltzer [1] le Crétacique de la **région d'Iseo** comprend 3 niveaux lithologiquement distincts, mais dont aucun ne renferme des fossiles caractéristiques :

1° Calcaires blancs, compactes à Radiolaires et à silex.

2° Marnes schisteuses grises à Fucoïdes alternant avec des bancs de calcaire ou de grès ; par place des couches de calcaire crayeux s'y intercalent (*Scaglia*).

3° Grès verdâtres à ciment calcaire ; à la partie supérieure apparaissent des bancs calcaires dans lesquels on a découvert des Inocerames.

Dans son étude sur le **Rhätikon**, M. Th. Lorenz [2] consacre un chapitre important à la description stratigraphique des terrains crétaciques de cette région.

Le Crétacique inférieur y prend un faciès tout à fait semblable à celui du Flysch, aussi a-t-il été complètement méconnu jusqu'ici ; il se compose de grès et de quartzites riches en fer, bruns ouverts, qui alternent avec des lits marneux contenant des débris d'algues et avec des bancs de conglomérats. Le niveau le plus caractéristique est formé par la brèche de Tristel, dont le ciment très abondant, se compose de calcaire foncé, spathique ou oolithique et dont les éléments, plutôt fins, appartiennent les uns à des calcaires ou dolomies du Trias, les autres à des schistes cristallins. Cette brèche renferme des Bélemnites, en particulier *Bel. subfusiformis*, mais elle est surtout riche en *Orbitolina lenticularis* et en une Diplopore non encore décrite, *Diplopora Mühlbergi* Lorenz, que l'auteur a découverte, d'autre part, dans les calcaires urgoniens des chaînes subalpines françaises. Les

[1] A. Baltzer. Geologie der Umgebung des *Iseosees*. — *Geol. u. Pal. Abh.* von E. Koken, N. F., B. V, H. 2, 1901.

[2] Th. Lorenz. Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Facies. II. Theil. — *Ber. der naturf. Ges. zu Freiburg i. B.* B. XII, 1901.

Digitized by Google

grès infracrétaciques contiennent en outre une très grande abondance de Fucoïdes appartenant à des formes que l'on considérait jusqu'ici comme caractéristiques du Flysch : *Phycopsis arbuscula*, *Phyc. affinis*, *Phyc. intricata*, etc.

Le Crétacique supérieur se rencontre sous deux formes bien différentes. Il prend habituellement un faciès tout à fait analogue à celui des couches rouges des Préalpes et des Klippes et se compose alors d'une masse uniforme de calcaires compacts gris, finement schisteux, colorés localement en vert ou en rouge. Ces couches renferment des fragments d'Inocerames et de Bélemnitelles, parmi lesquelles probablement *Bel. mucronata*, mais elles sont surtout caractérisées par l'abondance des Foraminifères : *Globigerina bulloïdes*, *Glob. cretacea*, *Glob, linneana*, *Orbulina universa*, *Discorbina pertusa*.

La seconde forme sous laquelle le Crétacique supérieur se présente dans le Rhätikon est presque identique aux couches dites de Seewen. Ce sont des schistes marneux de couleur claire, dans lesquels le fossile le plus caractéristique est un Foraminifère : *Pithonella ovalis* Kaufm. ; d'autres Foraminifères, communs aux couches rouges, s'y trouvent en moins grande quantité.

D'après MM. Lugeon et Roessinger [1], la série crétacique du socle haut-alpin, sur lequel reposent les écailles des formations préalpines, se compose seulement des deux termes suivants : 1° Schistes foncés et calcaires siliceux du Néocomien, 2° Calcaires blancs à Requienies de l'Urgonien.

M. de Girard [2] a reproduit dans la nouvelle édition de son tableau des terrains sédimentaires du canton de Fribourg la même classification des formations crétaciques des Préalpes qu'il avait publiée l'année précédente.

Crétacique supérieur. Sénonien-Gault.	Couches rouges.
Crétacique inférieur.	*c*) Calcaire à Céphalopodes (Urgonien et Hauterivien).
	b) Néocomien à silex (Radiolaires).
Néocomien alpin.	*a*) Marnes grenues à Crinoïdes et Ptéropodes (Valangien).

[1] M. Lugeon et G. Roessinger. Géologie de la Haute vallée de Lauenen. — *Archives Genève*, t. XI, p. 74-87, 1901.

Digitized by Google

M. C. SARASIN[1] a entrepris une étude paléontologique et stratigraphique des couches infracrétaciques de la **chaîne Niremont-Corbettes-Pléiades.** En se basant en particulier sur la belle coupe que montre le ravin de la Veveyse de Châtel, il a pu distinguer dans la série marno-calcaire désignée jusqu'ici sous le nom général de Néocomien les niveaux suivants :

1° Marnes grises à taches noires qui renferment *Oppelia zonaria*, *Hoplites af. Dalmasi*, *Hopl. pexiptychus*, *Hopl. Thurmanni* (Berriasien ou Valangien inférieur, Couches à Ptéropodes de Ooster).

2° Alternances de calcaire gris clair ou jaunâtre, compact, en bancs minces avec des marnes schisteuses grises ou verdâtres. Les bancs calcaires, à cassure très esquilleuse, ont fourni les espèces suivantes : *Hoplites neocomiensis*, *Hopl. regalis*, *Hopl. oxygonius*, *Hopl. Mortilleti.* (Valangien.)

3° Massif puissant de calcaires foncés, presque noirs, à structure grenue, parfois schisteuse et gréseuse, avec *Hoplites angulicostatus*, *Holcostephanus Sayni*, *Crioceras Duvali*, *Crioceras Quenstedti.* (Hauterivien.)

4° Alternances de calcaire compact, gris, brunâtre ou bleuâtre, et de marnes schisteuses, avec *Desmoceras difficile*, *Desm. psilotatum*, *Desm. cassidoïdes*, *Holcodiscus Hugii*, *Crioceras Emerici*, *Lytoceras densifimbriatum*, etc.... Ce niveau, qui représente le Barrêmien, se distingue des couches valangiennes par sa teinte générale plus foncée et par la couleur noire des lits marneux. Il est surmonté directement par le Flysch et l'on ne trouve dans la région des 2 Veveyses aucune formation fossilifère qui puisse être attribuée à l'Aptien ou à l'Albien.

D'autre part, MM. C. SARASIN et SCHÖNDELMAYER[2] ont publié la première partie d'une étude monographique des Ammonoïdes du Néocomien de **Châtel-Saint-Denis.** Nous reviendrons sur ce mémoire lorsqu'il sera entièrement paru.

[1] C. SARASIN. Les Formations infracrétaciques de la Chaîne Pléiades-Corbettes-Niremont. — *Archives Genève*, t. XII, nov. 1901.

[2] C. SARASIN et SCHÖNDELMAYER. Etude monographique des Ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis, 1re Partie. — *Mém. de la Soc. Pal. suisse*, vol. XXVIII.

Digitized by Google

Jura. — Nous devons à M. E. BAUMBERGER[1] un travail d'ensemble sur la répartition des faciès des divers **étages infracrétaciques dans le Jura** et sur les phénomènes de transgression et de régression qui ont affecté cette région pendant la période correspondante. Après avoir, dans une partie introductive, examiné l'influence des conditions de la sédimentation sur le faciès des formations déposées et après avoir jeté un coup d'œil d'ensemble sur l'orographie et la tectonique du Jura, ainsi que sur l'extension actuelle des dépôts crétaciques dans la région jurassienne, l'auteur entreprend la description des étages successifs en indiquant chaque fois leurs limites d'extension probables et la façon dont leurs divers faciès se répartissent.

Dans la région comprise entre la ligne Bienne-Nods au N. et la Cluse de Chaille au S. le Jurassique se termine à sa partie supérieure par le Purbeckien qui se divise nettement en trois niveaux : *a*) marnes feuilletées avec des lentilles de gypse et des cristaux de quarz (marnes à gypse) ; *b*) marnes et marno-calcaires à fossiles d'eau douce (marnes nymphéennes) ; *c*) plaquettes dolomitiques à fossiles saumâtres (couches saumâtres). Ce complexe renferme par place des intercalations de sédiments à faune benthonienne dont les affinités sont tantôt portlandienne tantôt valangienne. Au S. de la ligne Salève-Semnoz-Cluse de Chaille le Purbeckien est remplacé par des couches marines qui présentent ou bien le faciès vaseux, ou bien le faciès coralligène. A la Cluse de Chaille, les marnes purbeckiennes passent latéralement au Tithonique supérieur.

Le *Valangien inférieur*, qui repose sur le Purbeckien, possède un faciès assez uniforme de calcaires littoraux à faune benthonienne, sauf vers le S.-E. où il devient vaseux et renferme la faune classique de Berrias. Du reste, le passage d'un type à l'autre est graduel et sur différents points l'on peut voir des lentilles calcaires du faciès jurassien intercalées dans les marnes berriasiennes ; au Semnoz et à Aisy c'est déjà le type vaseux à Céphalopodes qui représente le Berriasien. En somme, le passage latéral du Berriasien au Valangien inférieur, déjà démontré par M. Kilian, est absolument confirmé par M. Baumberger.

Le Valangien inférieur ou berriasien du Jura débute par

[1] E. BAUMBERGER. Ueber Facies und Transgressionen der untern Kreide am Nordrande der Mediterrano-helvetischen Bucht im westlichen Jura. — *Wissenschaftliche Beilage z. Bericht der Töchterschule in Basel,* 1901.

Digitized by Google

des calcaires à alternances marneuses et oolithiques sur lesquels repose le marbre bâtard. Au Vuache, il peut atteindre une épaisseur de 50 m.; dans la région de Neuchâtel sa puissance oscille entre 40 et 45 m., tandis que dans le domaine du Doubs elle est réduite à environ 20 m. D'autre part, les calcaires coralligènes, qui prennent une grande importance à la cluse de l'Isère près d'Echaillon et qui forment encore de puissantes lentilles dans la région de Saint-Claude, manquent plus au N. et les calcaires à Nérinées sont également localisés dans les régions méridionales.

Les fossiles les plus caractéristiques de ce niveau sont : *Natica Leviathan* Pict. et C. = *Strombus Sautieri* Coq., *Pteroceras Jaccardi* P. et C., *Pygurus Gillieroni* Desor, *Toxaster granosus*, *Hoplites Euthymi*.

Le Valangien supérieur des géologues jurassiens ou Valangien proprement dit présente dans le Jura le profil schématique suivant : *a*) marnes d'Arzier, *b*) calcaire roux avec intercalations de limonite, *c*) marnes à Astieria et à Bryozoaires. Les marnes d'Arzier, quoique toujours peu épaisses (2 à 5 m.), ont une extension assez générale dans le Jura méridional, soit en France, soit dans les cantons de Vaud et de Neuchâtel (environs de Seyssel, Vuache, Arzier, plateau de Nozeroy, gorges de l'Areuse, Valangin, etc.), mais leur faciès est assez variable et elles peuvent être remplacées localement par des marnocalcaires. Le calcaire roux typique est ocreux, bien stratifié, spathique et se compose essentiellement de débris d'Echinodermes; par place il devient oolithique, ainsi dans les gorges de l'Areuse, au Landeron, à Twann, à Morteau; il augmente d'épaisseur du N au S; tandis que, en effet, il n'a que 3 m. à Morteau et 5 au Landeron, il atteint 20 m. au Vuache. Dans toute la région comprise entre le plateau mollassique suisse et le Doubs, le calcaire roux renferme en proportion variable des concrétions de limonite, qui peuvent devenir tout à fait prédominantes dans certains bancs; c'est surtout dans le bassin supérieur du Doubs et sur le plateau de Nozeroy que ces limonites sont très développées. Ce faciès spécial est localisé au S dans la partie inférieure du calcaire roux, tandis que vers le N il occupe un niveau toujours plus élevé et peut même entamer l'Hauterivien (région de l'Ognon).

La zone supérieure du Valangien se présente sous trois faciès différents : dans le S, entre Grenoble et Saint-Cergues, elle est formée par des calcaires roux à *Alectr. rectangularis;*

Digitized by Google

entre Morteau et Neuchâtel, elle est représentée par une marne jaunâtre, plastique, à *Astieria Atherstoni*, tandis que dans toute la région NW du Jura elle se compose de marnes sableuses à Bryozoaires et à Spongiaires.

Les espèces d'Ammonites dont on a constaté jusqu'ici la présence dans le Valangien du Jura sont les suivantes : *Hoplites Thurmanni* Pict. et Camp., *Hopl. Arnoldi* P. et C., *Hopl. af. Albini* Kil., *Hopl.* ex. af. *Dalmasi* Pict., *Hopl. Leenhardti* Kil. (= *Hopl. neocomiensis* Pict. non d'Orb.), *Hopl. Desori* P. et C., *Saynoceras verrucosum* d'Orb., *Desmoceras* (?) *Celestini* P. et C., *Holcostephanus bidichotomus* Leym., *Holcost. Atherstoni* Sharpe (= *Holc. multiplicatus* Neum. et Uhl. non Rœmer), *Oxynoticeras Gevrili* d'Orb., *Oxyn. Marcoui* d'Orb., *Oxyn. heteropleurum* Neum. et Uhl. *Holcosteph. Atherstoni* caractérise spécialement les marnes à *Astieria* qui doivent, d'après la classification des géologues français, rentrer dans le Valangien supérieur.

A propos de la faune benthonienne, M. Baumberger fait remarquer que la présence de certaines formes dans un dépôt est déterminée beaucoup moins par l'âge précis de celui-ci que par les conditions spéciales dans lesquelles il s'est formé.

L'*Hauterivien* présente du N au S successivement les faciès jurassien, mixte et alpin. Le faciès jurassien que l'on retrouve au S, jusque vers la ligne Saint-Cergues-Saint-Laurent, offre des variations importantes. Dans le district de l'Ognon, il repose directement sur le Portlandien et débute par des calcaires à limonite avec *Exogyra Couloni*, *Alectryonia rectangularis*, *Nautilus pseudo-elegans*, sur lesquels reposent des calcaires jaunâtres, peu glauconieux, riches en Brachiopodes.

Dans le Jura neuchâtelois, la base de l'étage est formée par des marnes bleuâtres à *Pleurotomaria Pailleti*, *Cyprina Deshayesi*, *Fimbria corrugata;* ce dépôt est surmonté par 10 m. de marnes grises à concrétions nombreuses, puis par 12 m. d'alternances de lits marneux et de bancs calcaires. L'Hauterivien supérieur est formé par 45 à 50 m. d'un calcaire jaune oolitique ou spathique connu sous le nom de « pierre de Neuchâtel. »

La constitution de l'étage reste à peu près la même dans le N du Jura vaudois et sur le plateau de Nozeroy. Vers le S, le faciès calcaire apparaît de plus en plus tôt et s'épaissit au dépens de la marne sous-jacente, mais en même temps il devient moins franc et renferme un nombre toujours plus

Digitized by Google

grand de lits marneux. A la Cluse de Chaille, M. Révil a relevé la série suivante : *a*) marnes bleues à *Hoplites radiatus*, *b*) marno-calcaires jaunâtres à *Toxaster complanatus*, *c*) pierre de Neuchâtel. La limite du faciès jurassien franc de l'Hauterivien se trouve un peu au S de ce point et passe de là au S de l'anticlinal du Semnoz.

Dans le faciès mixte, qui est développé plus au S, on peut distinguer : *a*) marno-calcaires ou grès glauconieux à faune jurassienne, *b*) marno-calcaires à *Crioceras Duvali*, *c*) marnes à *Exogyra Couloni* et *Toxaster complanatus*.

La faune d'Ammonites de l'Hauterivien se compose essentiellement d'Hoplites et d'Holcostephanus; les espèces suivantes y ont été signalées jusqu'ici : *Holcost. Sayni* Kil., *Holc. stephanophorus* Math., *Holc. psilostomus* N. et Uhl., *Holc. bidichotomus* Leym., *Holc. Carteroni* Math., *Holc. latissimus* N. et Uhl., *Hopl. radiatus* Brug., *Hopl. Leopoldi* d'Orb., *Hopl. castellanensis* d'Orb., *Hopl. Vaceki* N. et Uhl., *Hopl. Frantzi* Kil., *Hopl. amblygonius* N. et Uhl., *Schlœnbachia cultrata* d'Orb., *Placenticeras clypeiforme* d'Orb. Ce n'est que près de la limite méridionale du faciès jurassien, au Salève et au Vuache, qu'on a trouvé des représentants des genres méditerranéens tels que Haploceras, Desmoceras et Lytoceras. Les Ammonites sont contenues presque exclusivement dans les faciès marneux; pourtant, la pierre jaune de Neuchâtel renferme des espèces typiques de l'Hauterivien, et il est inadmissible de faire rentrer cette formation dans le Barrêmien, comme l'ont fait certains auteurs.

L'*Urgonien* a été divisé déjà par Desor et Gressly en deux niveaux : l'Urgonien inférieur est formé de calcaires oolithiques jaunâtres qui renferment des intercalations marneuses et se rattachent étroitement à l'Hauterivien supérieur ; des lentilles de calcaire coralligène y prennent une grande part dans certaines régions, ainsi à Morteau, à Champ du Moulin, etc. ; l'Urgonien supérieur se compose de 80 à 100 m. de calcaire blanc en bancs épais, qui renferment *Requienia ammonia* et *Toucasia carinata*. L'Urgonien du Jura paraît représenter le Barrêmien, avec une partie de l'Aptien; sa limite supérieure varie du reste très sensiblement suivant les régions.

M. Baumberger consacre un dernier chapitre de son travail à l'étude comparative de l'extension relative des divers étages infracrétaciques : le Purbeckien, le Berriasien et le Valangien ne dépassent pas au N la ligne Bienne-Nods-Châlon; dans le

Digitized by Google

bassin de l'Ognon, l'Hauterivien repose directement sur le Portlandien; quant au Jura bernois, il n'est pas impossible que la mer valangienne l'ait partiellement envahi, mais que les sédiments déposés aient été enlevés ensuite par l'érosion. L'Hauterivien marque une transgression importante vers le NW jusqu'au delà de l'Ognon. L'Urgonien a de nouveau une extension plus faible, et sa limite septentrionale passe entre Cressier et Bienne, puis un peu au N de Morteau et de Mouthier. A propos de l'Aptien, il faut tout d'abord faire remarquer que, parmi les terrains classés dans cet étage par les géologues suisses, le Rhodanien seul correspond au véritable Aptien, tandis que l'Aptien supérieur de M. Renevier doit, d'après sa faune, rentrer déjà dans l'Albien. Le Rhodanien est formé dans le Jura suisse par des couches marneuses à *Heteraster oblongus*, *Ostrea aquila*, etc., tandis que plus au S, à partir de la perte du Rhône, il prend un faciès calcaire et se confond avec l'Urgonien supérieur; ainsi, à l'époque aptienne, la limite entre la sédimentation détritique et la sédimentation organique s'est déplacée vers le S. En même temps, la mer a perdu du terrain vers le N; en effet, les dépôts aptiens manquent au N et à l'E de la Presta; ils n'existent qu'entre les chaînes internes du Jura et ne se retrouvent nulle part dans la région de Saint-Claude et de Nantua.

Le Gault est nettement transgressif et repose tantôt sur le Rhodanien, tantôt sur l'Urgonien (gorges de l'Areuse, plateau de Russey, environs de Morteau et de Pontarlier), tantôt sur l'Hauterivien (bassin de l'Ognon). Il est caractérisé par son faciès essentiellement détritique et sa richesse en glauconie. Il n'a pas été observé au delà de Renan, dans le val de Saint-Imier, et de la Coudre, près de Neuchâtel.

La transgression s'est continuée pendant l'époque cénomanienne; entre Sonaillon et Landeron, le Cénomanien repose sur l'Urgonien; plus à l'E, il recouvre le Valangien, et près de Bienne il est supporté directement par le Portlandien. Du reste, la lacune sédimentaire qui existe dans ces régions septentrionales du Jura ne peut pas être attribuée en entier à l'émersion pure et simple, mais elle est due, pour une part qu'il est impossible d'apprécier exactement, à des phénomènes d'érosion et d'abrasion.

MM. H. Schardt et A. Dubois[1] ont eu l'occasion d'étudier plusieurs gisements de Crétacique moyen dans le synclinal du

[1] H. Schardt et A. Dubois. Le Crétacique moyen du synclinal Val de Travers-Rochefort. *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, t. XXVIII, p. 129-157. — Voir aussi H. Schardt. Sur quelques gisements de Gault dans le canton de

Digitized by Google

val de Travers-Rochefort. Cherchant à appliquer aux couches du Jura la classification des géologues français, ils ont établi les subdivisions suivantes :

Cénomanien	Rotomagien. — Marnes et calcaires à *Acanth. rhotomagense.*
	Vraconnien. — Grès verts à *Acanth. Mantelli* et *Schlœnb. inflata.*
Albien . . .	Albien des géologues jurassiens avec *Schlœnb. varicosa* et *Acanth. mamillatum.*
	Aptien supérieur des géologues jurassiens avec *Acanth. Milleti*, *Ac. Cornuelianum.*
Aptien . . .	Rhodanien avec *Pteroc. Pelagi*, *Orbitolina lenticularis.*
	Urgonien supérieur à *Requienia ammonia.*

Le Crétacique moyen existe probablement en beaucoup d'endroits dans le val de Travers, mais, par suite de son peu de consistance, il est presque partout recouvert et ses affleurements sont très rares. Le profil suivant a pu être relevé dans les carrières de la Presta :

Albien . . .	5. Marnes à fossiles pyriteux.
	4. Grès vert avec nodules phosphatés renfermant *Bel. minimus*, *Hopl. interruptus*, *Desmoc. Parandieri*, *Desm. latidorsatum*, *Acanth. mamillatum*, etc. (0m50 à 1 m.)
	3. Grès sans fossiles imprégnés de bitume (2 à 3 m.).
	2. Marne bitumeuse (0m70).
	1. Grès dur avec *Rhynch. Gibbsi*, *Ter. Dutemplei*, *Acanth. Milleti* et de nombreux Spongiaires et Bryozoaires.
Aptien . . .	4. Marne argileuse bleue, panachée localement de rose et de jaune (0m80).
	3. Marnes et marno-calcaires bleuâtres, ou grès verts à *Pterocera Pelagi*, *Plicatula placunea*, *Bel. fusiformis*, *Heteraster oblongus*, *Orbitolina lenticularis* (3 m.).
	2. Calcaire jaune, parfois spathique (1 m.).
	1. Marno-calcaire blanc ou verdâtre à Orbitolines.

Neuchâtel. C. R. des séances de la Soc. neuch. des sc. nat. *Archives Genève*, t. XI, p. 517.

Digitized by Google

Urgonien . . { 2. Calcaire crayeux imprégné d'asphalte à *Requienia ammonia* et *Pterocera Pelagi* (5 à 6 m.).
1. Calcaire lité, jaune, spathique-oolithique (8 à 10 m.).

Les auteurs donnent la liste complète des fossiles recueillis dans l'Albien supérieur. Quant au Cénomanien, sa présence n'a pas été constatée avec certitude à la Presta, où l'Albien supérieur est surmonté par 30 m. de marnes grises d'âge indéterminé; il existe, par contre, sous forme de calcaire crayeux, à la gare de Boveresse.

L'Albien affleure en trois endroits dans les gorges de l'Areuse: 1° dans la forêt de Bôle, en amont du Champ-du-Moulin; 2° dans le bas du ravin des Lanvouennes; 3° à la Combe aux Epines, où il a été mis au jour par les travaux d'établissement de la voie ferrée. Il est formé par des argiles rouges et jaunâtres qui reposent tantôt directement sur l'Urgonien, tantôt (Combe aux Epines) sur une mince couche de grès verts à nodules phosphatés, qui l'en sépare, ces argiles paraissent représenter seulement la partie supérieure de l'Albien; le Gault inférieur et l'Aptien manquent dans les trois gisements.

M. Schardt a découvert en outre, au Baliset, au-dessus de Rochefort, un gisement de Crétacique moyen, formé par des argiles rouges de l'Albien supérieur et par un calcaire crayeux gris verdâtre ou rose, qui paraît, par ses caractères lithologiques, appartenir au Rotomagien, mais qui ne renferme pas de fossile. Les couches albiennes de Rochefort et de la Combe aux Epines renferment une faune abondante dont les auteurs donnent la liste complète.

Tandis que le Cénomanien existe au N jusqu'au delà de Bienne, le gisement de Gault le plus septentrional qui soit connu se trouve à la Coudre, près de Neuchâtel.

M. H. Schardt a fait de cet affleurement une étude spéciale. Grâce à la tranchée creusée en cet endroit pour la ligne de chemin de fer Neuchâtel-Berne, on peut voir, reposant directement sur une surface fortement corrodée d'Urgonien, des sables de l'Albien inférieur qui n'ont guère plus d'un mètre d'épaisseur et qui supportent sur un point des argiles rouges. La couche de grès est en connection intime avec des formations argileuses et sableuses qui remplissent les nombreuses fissures de l'Urgonien et qui sont évidemment con-

Digitized by Google

temporaines. Comme ces remplissages présentent, d'autre part, tous les caractères des dépôts sidérolithiques, il faut leur attribuer une origine analogue, et il est évident que les produits de la corrosion souterraine des calcaires urgoniens entrent pour une large part dans leur composition.

Poches hauteriviennes. — M. H. SCHARDT[1] a signalé la découverte d'une nouvelle poche hauterivienne dans le marbre bâtard aux Fahys, près de Neuchâtel. Dans une cavité creusée dans le Valangien inférieur apparaît un remplissage caractéristique formé de marne d'Hauterive et de blocs d'Hauterivien supérieur et de Valangien supérieur, le tout entremêlé sans aucun ordre. La marne renferme des fossiles typiques : *Hopl. Leopoldi*, *Rhynch. multiformis*, *Ter. acuta*, *Waldh. pseudojurensis*, *Toxaster complanatus*. La cavité a la forme d'une tranchée à parois verticales, large d'une vingtaine de mètres et dirigée dans le sens de la pente. La marne a pris, par suite d'une compression violente, un aspect schisteux, et la surface des blocs calcaires est sillonnée de stries de glissement; elle est parfois presque polie. Le même polissage s'aperçoit sur la surface du calcaire encaissant, qui est aussi striée, et l'on peut admettre comme certain que la marne a été poussée de haut en bas dans la cavité. Il a dû se produire des glissements du Valangien supérieur et de l'Hauterivien sur le marbre bâtard, glissements qui ont été facilités par les inégalités très marquées de la déclivité et par le travail de l'érosion qui a naturellement attaqué surtout les parties convexes. En outre, comme les blocs calcaires sont répartis en des niveaux superposés, il paraît probable que le glissement du blocage dans la cavité s'est fait en plusieurs fois. La poche ainsi remplie a absolument la forme d'un couloir aux parois abruptes, et on peut admettre qu'elle a été formée par l'érosion. Enfin, la présence d'une moraine intacte sur le remplissage et l'absence complète de matériaux glaciaires dans le blocage de la poche, indiquent clairement que celle-ci a été creusée et remplie avant que le glacier du Rhône eût envahi la région.

Un phénomène analogue a été observé, par MM. E. BOURQUIN et L. ROLLIER[2], près de la gare de la Chaux-de-Fonds.

[1] H. SCHARDT. Une poche hauterivienne dans le Valangien aux Fahys près Neuchâtel. *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, t. XXVIII, p. 184-196.

[2] E. BOURQUIN et L. ROLLIER. Notice sur les gisements anormaux des tranchées de la gare de la Chaux-de-Fonds. *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, t. XXVIII, p. 80-85.

Digitized by Google

Des bancs calcaires à *Natica Leviathan* et *Pteroceras Jaccardi* sont traversés par des veines et des poches de marnes d'Hauterive fossilifère avec *Ostrea Couloni*, *Ostrea rectangularis*, *Terebratula acuta*, *Zeilleria pseudojurensis*, *Rhynchonella multiformis*, *Toxaster complanatus*, etc. Le calcaire valangien est énergiquement disloqué et localement transformé en une véritable brèche; il y a en outre, par place, une véritable pénétration réciproque du Purbeckien et du Valangien, tandis qu'ailleurs ce dernier est inclus entre deux zones de mollasse helvétienne qu'il touche en discordance.

Nummulitique et Flysch

Le Flysch du Prätigau est formé, d'après M. Th. Lorenz[1], par des schistes marneux ou quartzitiques noirs, brunâtres ou gris, auxquels se mêlent des bancs calcaires et des grès polygéniques; ceux-ci passent par place à de véritables brèches. Le faciès varie du reste suivant les points, et ce sont tantôt les calcaires, tantôt les grès qui prédominent. Le faciès gréseux est particulièrement développé dans la vallée de l'Alp Vals et dans la chaîne qui limite cette vallée vers le S. Du côté du N, le versant méridional de la Scesaplana est formé à la base par ces mêmes grès, dans lesquels M. Lorenz a trouvé un *Orbitoïdes* incontestable; au-dessus viennent des bancs de calcaire compact, probablement oligocènes, mais qui rappellent par leur aspect le Hochgebirgskalk. La découverte d'un *Orbitoïdes* dans le complexe des schistes du Prätigau permet de les considérer avec certitude comme appartenant à l'Eocène, tandis qu'ils ont été classés par divers auteurs dans les schistes grisons (Bundnerschiefer) du Jurassique. Le Flysch est excessivement riche en débris d'algues et en traces diverses; la localité classique de Ganey en a fourni à elle seule un nombre considérable, et M. Lorenz donne la liste complète des espèces qui y ont été récoltées.

Le Flysch du Prätigau se relie à la zone de Flysch du versant N de la chaîne des Churfirsten par une bande étroite qui traverse du S au N la principauté de Lichtenstein et qui forme le soubassement des masses chevauchées des terrains secondaires de la chaîne du Falkniss. Il est bordé au N par le Rhätikon, et ne se retrouve pas dans le Vorarlberg, contrairement à l'opinion de M. Rothpletz (geologische Alpenforschung, 1900).

[1] Th. Lorenz. Geologische Studien im Grenzgebiet zwischen helvetischer und ostalpiner Facies. 2. Theil.

Digitized by Google

MM. M. LUGEON et G. RŒSSINGER [1] ont relevé sur le versant N des Hautes Alpes calcaires, au-dessus de Lauenen, la série éocène suivante : *a*) grès blanc sans fossile, *b*) calcaire très riche en nummulites, *c*) schistes fauves avec nummulites.

M. R. DE GIRARD [2] a complètement modifié et beaucoup augmenté la partie consacrée aux terrains du Flysch dans la nouvelle édition de son tableau des sédiments du canton de Fribourg. Il distingue sept zones synclinales de Flysch, orientées parallèlement du SW au NE et séparées les unes des autres par des anticlinaux de formations secondaires :

1° La *zone de la Berra* s'étend depuis les Pléïades par les Corbettes, le Niremont, la chaîne de la Berra, jusqu'au Schwefelberg et à Blumenstein. Elle comprend : *a*) les schistes à Fucoïdes de Charnex, de la baie de Clarens, du pont de Fégire, de Plagnière, du Dat, de la Part-Dieu, etc. ; *b*) les grès durs avec bancs de conglomérats du Niremont et de la Berra. Dans les conglomérats on trouve des blocs de granit à orthose rose, des porphyres globulaires rouges ou gris, des gneiss granitoïdes, des gneiss schisteux à biotite et des calcaires jurassiques et crétaciques.

L'auteur fait, d'autre part, rentrer dans le Flysch, avec doute, les gypses, les cornieules et les dolomies qui y sont fréquemment intercalés et qui sont généralement attribués au Trias ; il donne ensuite la liste des principales klippes incluses dans cette première zone.

2° La *zone de Flysch de la Gruyère* est comprise dans un synclinal écrasé de couches rouges ; on n'en retrouve que des lambeaux formés de schistes à Fucoïdes.

3° La *zone d'Ayerne-Vertchamp-Reidigen*, qui s'étend entre les chaînes Mortheys-Stockhorn et Tours d'Aï-Gastlosen, est caractérisée par le grand développement des schistes à Fucoïdes. Le conglomérat de la Mocausa qui y est intercalé renferme des blocs de calcaires jurassiques et crétaciques de la région.

4° La *zone de Flysch de la chaîne des Gastlosen* est étroite et intermittente, elle est formée de schistes, de calcaires sableux et de grès. Les conglomérats calcaires et dolomitiques de la Fluhalp et du Fangweidwald sont ou bien du Flysch, ou plus probablement du Jurassique moyen.

[1] M. LUGEON et G. RŒSSINGER. Geologie de la Haute vallée de Lauenen.
[2] R. DE GIRARD. Tableau des terrains de la région fribourgeoise.

Digitized by Google

5° La *zone Rodomont-Hundsrück-Simmenthal* comprend une série de formations assez constante, qui peut se résumer comme suit :

d) Grès grossiers, de couleur foncée, en gros bancs, auquels s'associent par place des marno-calcaires et qui passent dans le Simmenthal au conglomérat calcaire de Weissenburg ;

c) Complexe puissant de schistes marneux gris ou rouges, avec des inclusions charbonneuses et des Helminthoïdes ;

b) Grès dur et conglomérat identique à celui de la Mocausa, associés à des lits marneux ;

a) Alternances nombreuses de calcaires plaquetés, de marnes feuilletées noires et de grès micacés.

6° La *zone de la Hornfluh* comprend la brèche si caractéristique du même nom, avec les zones de schistes noirs intercalés. L'auteur, tout en plaçant la brèche de la Hornfluh avec les schistes lustrés des Spielgärten dans le Flysch, admet pour ces formations la possibilité d'un âge jurassique.

7° La *zone Ormonts-Niesen* est large; le Flysch y présente de nombreux contournements et renferme plusieurs klippes ; il débute par un complexe de schistes noirs, de calcaires en plaquettes et de grès micacés sur lesquels reposent plusieurs bancs de brèche polygénique avec des blocs énormes d'un granit vert et des débris moins volumineux de gneiss, de schistes micacés, de phyllades et de roches jurassiques ou crétaciques de la région. Au-dessus de cette brèche viennent les conglomérats polygéniques du Chaussy et du Niesen, puis un nouveau complexe très puissant de schistes qui forment la combe des Mosses et sont très développés au Gifferhorn, à la Wannenspitz, au Niesen, etc.

MM. G. Rœssinger et A. Bonnard [1] ont décrit un nouveau pointement de roche cristalline dans le Flysch que l'un d'eux a découvert un peu au-dessous du sommet de la Hornfluh (Préalpes bernoises), sur le versant NNW. La roche en question est une ophite de couleur verte et de grain moyen, composée de feldspath et de chlorite, associés suivant une texture semi-ophitique; elle se rapproche beaucoup de certaines roches incluses dans le Flysch du Chablais et, comme celles-ci, elle est empâtée dans le Flysch. Ce dernier se compose de grès polygéniques et de conglomérats dans

[1] G. Rœssinger et A. Bonnard. Les blocs cristallins de la Hornfluh. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVII, p. 471-478.

Digitized by Google

lesquels sont enchassés des galets de calcaires noirs et de micaschistes ; il ne présente aucune trace de métamorphisme de contact, tandis qu'il offre des signes bien nets de compression et de laminage.

Les auteurs, se rattachant absolument aux idées de M. Schardt, considèrent la petite klippe cristalline de la Hornfluh comme un des lambeaux arrachés à la surface des massifs cristallins pendant le charriage de la nappe sédimentaire des Préalpes.

Sidérolithique

Nous devons à M. L. Rollier[1] la découverte d'une nouvelle poche sidérolithique, qui est creusée dans le Rauracien près de Liesberg et qui est remplie par des bancs alternatifs de bolus ordinaire et d'un sable grossier formé de particules spathiques de calcite et remplis de débris de fossiles rauraciens silicifiés.

Revenant sur l'analogie d'origine entre le Sidérolithique et les grès du Gault admise par M. Schardt, l'auteur considère comme peu probable que l'Albien se soit formé des produits de la décomposition sur place des roches néocomiennes sous-jacentes. Le fait que l'Albien renferme en différents points des galets de quartz et surtout la grande uniformité de composition des grès verts, lui font penser que les éléments de ceux-ci proviennent de la destruction de roches beaucoup plus anciennes que le Néocomien et probablement étrangères au Jura.

Mollasse

Nous nous contenterons de citer ici la classification des formations mollassiques du canton de Fribourg établie par M. R. de Girard[2] dans la nouvelle édition de son tableau des terrains de cette région, parce qu'elle ne diffère que fort peu de celle qui avait été donnée dans la première édition du même ouvrage (voir *Revue* de 1900).

Dans un aperçu général sur la géologie du canton de Thurgovie, M. J. Eberli[3] donne une description des grès

[1] L. Rollier. Nouvelle poche fossilifère de Sidérolithique. C. R. des séances de la Soc. neuch. des sc. nat. *Archives*, t. XII, p. 79.

[2] R. de Girard. Tableau des terrains de la région fribourgeoise.

[3] J. Eberli. Aus der Geologie des Kantons Thurgau mit 1 Karte und 3 Autographien. *Mitth. der thurgauischen naturf. Gesells.*, H. XIV, p. 21-98.

Digitized by Google

mollassiques de ce territoire et plus particulièrement de la mollasse d'eau douce supérieure qui y prend une grande extension.

D'après M. A. Buxtorf[1] les formations tertiaires de la région de Gelterkinden appartiennent exclusivement au Miocène moyen et supérieur.

Le Miocène moyen se compose de formations marines, saumâtres et lacustres. A la Tenniker Fluh, il repose avec une faible discordance sur une surface corrodée de Hauptrogenstein et débute par un lit rempli de coquillages marins roulés sur lequel reposent un calcaire d'eau douce à *Helix sylvana* (?) et *Tudora Larteti*, et des marnes rouges. La même série se retrouve dans une ancienne carrière au S de Dieplingen, où le banc de grès à coquillages atteint 8 à 9 m. d'épaisseur, et un peu plus au S, dans le petit bois de Einschlag. Près de Wittinsburg, au-dessus de l'emplacement de tir, affleure un conglomérat avec débris de Pectinidés, d'huîtres, de Cerithium, qui représente le même niveau et qui est intercalé entre le scouches à *Rhynchonella varians* et la Nagelfluh jurassienne. Des conglomérats analogues existent, d'autre part, à Rünenberg, où ils renferment des cailloux de calcaire argovien, d'oolithe callovienne et des fossiles remaniés des couches à *Cosmoceras ornatum*.

On peut donc admettre que, après une longue période d'émersion, la mer helvétienne a repris possession de cette région du Jura, mais qu'elle n'a pas pu s'y maintenir, en sorte que les bras de mer n'ont pas tardé à se transformer en lacs et en lagunes.

Le Miocène supérieur comprend deux termes bien distincts : la Nagelfluh jurassienne et le calcaire d'eau douce supérieur.

La Nagelfluh jurassienne est bien développée sur les plateaux de Rünenberg et de Schönegg au S.-W. de Diepflingen. Elle a une épaisseur de 25 à 30 m. et contient de gros galets arrondis de quartz-porphyres rouges et de porphyres syénitiques des Vosges, de grès bigarré et de Muschelkalk, de Dogger et de Malm ; les cailloux calcaires sont presque tous impressionnés. Ces conglomérats sont nettement transgressifs.

Le calcaire d'eau douce supérieur ne forme plus que des lambeaux isolés ; près de Zeglingen sur la route qui vient de Wenslingen on le voit reposer directement et en concor-

[1] A. Buxtorf. Geologie der Umgebung von Gelterkinden.

Digitized by Google

dance sur l'Argovien. Ses caractères lithologiques et faunistiques ne permettent pas de le confondre avec le calcaire d'eau douce helvétien, mais son âge reste assez douteux, parce qu'on ne connaît pas ses relations avec les autres formations tertiaires, et qu'aucune espèce déterminable n'y a été découverte.

Dans les envions de Kaiseraugst on ne trouve, d'après M. K. STRÜBIN [1], comme formation tertiaire, qu'un calcaire d'eau douce, blanc, cristallin, avec des moules de Limnées.

M. H. SCHARDT [2] a décrit une couche de 2 à 3 m. de calcaire d'eau douce oligocène, qui a été découvert par l'ouverture d'une tranchée de chemin de fer au N. de la gare de Gorgier-Saint-Aubin. C'est un calcaire crayeux blanc, noduleux, passant à un conglomérat de galets d'Urgonien ; les nodules sont des concrétions à structure concentrique.

M. H. SCHARDT [3] a, d'autre part, signalé une coupe à travers les marnes aquitaniennes, qui a été mise à jour par les travaux de la ligne Neuchâtel-Berne près de Marin. L'aquitanien est formé ici de marnes bigarrées qui alternent avec des bancs de grès.

Enfin, nous devons également à M. SCHARDT [4] la description d'un gisement de marnes et de grès langhiens, qui a été découvert lors de la correction du chemin qui mène de la Raisse près Fleurier dans la direction de Buttes. La série débute par un grès gris ou verdâtre qui supporte un banc calcaire à *Melania aquitanica*. Au-dessus viennent 0,40 m. de marnes grises à feuillets charbonneux, puis 2,20 m. de grès et de mollasse surmontés par une nouvelle couche de marne à feuillets charbonneux. Ces couches recouvertes par des couches chevauchées du Malm sont remarquables par la discontinuité des divers niveaux et en particulier du calcaire à Mélanies. Il faut probablement expliquer ce fait par l'effet d'un laminage glaciaire.

[1] K. STRÜBIN. Beiträge zur Kenntniss der Stratigraphie des Basler Tafeljura.

[2] H. SCHARDT. Calcaire d'eau douce de Gorgier-Saint-Aubin. C. R. des Séances Soc. neuch. des sc. nat. — *Archives Genève*, t. XII, p. 184.

[3] H. SCHARDT. Mollasse aquitanienne de Marin. — *Ibidem, Archives*, t. XII, p. 185.

[4] H. SCHARDT. Mélanges géologiques sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes. — *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, t. XXVIII, p. 180-205.

Digitized by Google

Quaternaire.

Formations pleïstocènes. — L'une des parties les plus intéressantes de la monographie précitée de M. A. Baltzer [1], **sur les environs du lac d'Iseo** est celle qui concerne les formations pleïstocènes et l'origine de ce lac. Les moraines qui suivent le flanc gauche de la vallée dessinent un synclinal très net avec un minimum d'altitude dans une zône médiane, qui correspond exactement avec la zône transversale de plus grande profondeur du lac. En outre le bassin d'Iseo présente tous les caractères d'un ancien tronçon de vallée fluviatile inondé par suite d'un abaissement local. Aussi, sans vouloir nier la part qu'ont prise la nature des terrains encaissants, la tectonique, et l'érosion glaciaire à la création de la topographie actuelle, on peut pourtant admettre que la cause principale de la formation du lac est l'affaissement d'une zône transversale de la vallée qui s'est effectué pendant et après la dernière glaciation.

Les dépôts morainiques forment au S. du lac 2 systèmes de collines concentriques : 1° les moraines externes, qui ont un relief peu accentué, ont été morcelées par l'érosion et ont subi une altération superficielle intense ; elles se continuent au S. jusqu'au Monte-Orfano et à Rovato; 2° les moraines internes sont beaucoup plus distinctement marquées dans le terrain et leurs matériaux sont peu altérés à la surface.

En aval du lac la vallée de l'Oglio présente 3 terrasses superposées dont la plus basse est une simple terrasse d'érosion. Les alluvions des basses terrasses forment une surface remarquablement continue, qui se poursuit sur 16 kilomètres depuis Sarnico jusqu'à Pontoglio ; son altitude au-dessus de la rivière, qui est de 45 m. près de Sarnico, diminue graduellement vers l'aval pour tomber à 21 m. à la latitude de Pontoglio. Les éléments en sont relativement frais ; vers l'amont ils deviennent de plus en plus gros et imparfaitement roulés, ce qui donne à l'ensemble du dépôt un caractère fluvioglaciaire bien prononcé. Ces alluvions sont du reste en relation étroite avec les moraines de la dernière glaciation près de Sarnico ; elles reposent par place sur de la moraine de fond plus ancienne et à Pianico sur des marnes interglaciaires avec flore indiquant un climat chaud. Le fleuve s'y est creusé sa vallée actuelle en formant plusieurs petites terrasses d'érosion superposées.

[1] A. Baltzer. Geologie der Umgebung des Iseosees.

Digitized by Google

Une seconde terrasse, peu distincte de la première qu'elle ne domine que de 10 à 20 m., s'étend de Capriolo à l'extrémité de Monte-Orfano. Les alluvions ont subi ici une altération bien plus accusée et paraissent rentrer dans le sytème des hautes terrasses.

Quelques restes de poudingues, plus anciens encore et qu'on peut paralléliser avec doute avec le Deckenschotter, se trouvent au Montecchio près de Sarnico (106 m. au-dessus de l'Oglio), près de Rovaglio (135 m. d'altitude) et à Paratico.

D'après ses propres observations, M. Baltzer modifie comme suit, pour l'appliquer aux formations pléïstocènes de l'Oglio, le schéma établi précédemment pour les terrains quaternaires du versant S. des Alpes par M. A. Sella :

Diluvium supérieur.	Dernière grande extension des glaciers. Moraines internes. Dépôt des alluvions des basses terrasses.
Diluvium moyen	Période interglaciaire II, marnes à débris végétaux de Sellere-Pianico. Retrait considérable des glaciers. 2e glaciation, moraines externes, alluvions des hautes terrasses.
Diluvium inférieur.	Période interglaciaire I (sans signes apparents). 1re grande glaciation (restes douteux).

Dans son étude géologique sur le canton de Thurgovie M. J. Eberli [1] consacre une place importante à l'examen des formations glaciaires et fluvioglaciaires. Il décrit une série de drumlins bien caractérisés, et cherche d'autre part à fixer les limites d'extension du grand glacier de la Linth et des glaciers du Sentis.

La partie du tableau des terrains de la région fribourgeoise que M. R. de Girard [2] consacre aux dépôts pléïstocènes ne diffère que fort peu de la classification des mêmes formations que nous avons analysée l'année dernière.

M. Th. Bieler [3] s'est occupé des phénomènes drumliniques dus à l'action du glacier du Rhône sur le territoire du

[1] J. Eberli. Aus der Geologie des Kantons Thurgau.

[2] R. de Girard. Tableau des terrains de la région fribourgeoise.

[3] Th. Bieler. Etude préliminaire sur le modelé glaciaire et le paysage drumlinique dans la plaine vaudoise. — *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVII, p. 213-220.

Digitized by Google

canton de Vaud. Il distingue les *crêts* ou collines allongées dans le sens de la marche du glacier avec une longueur environ triple de leur largeur et les mamelons ou collines à base arrondie avec une pente uniforme dans toutes les directions.

Dans la région de Cossonay-Orbe-Echallens ce sont les crêts qui prédominent exclusivement avec une direction générale SSW-NNE, ils forment 4 groupes distincts : l'un autour de Cossonay, le second autour du château de Saint-Barthélemy, le troisième aux environs de Pompaples et d'Arnex (déjà étudié par M. Baltzer), le quatrième près de Montcherand sur Orbe. Les dépressions qui séparent les crêts sont généralement occupées par des lacs ou des marais ; les collines sont tantôt formées de moraine de fond, tantôt de mollasse couverte de moraine, tantôt de mollasse nue, le nom de drum ou drumlin devant être réservé d'après l'auteur aux deux premiers types. Ce modelé glaciaire caractéristique se poursuit dans les bassins de la Venoge et de l'Orbe sur 25 kilomètres de longueur et 12 environ de largeur.

Dans la région de Clarens et de Vevey ce sont des mamelons rocheux qui sont exclusivement développés, tandis que vers l'W à Cully et vers le NW près de Chexbres et du lac de Bret on retrouve des crêts bien caractérisés. Ceux-ci ont une direction EW près du lac au S, tandis que dans les environs de Chexbres ils sont allongés du S au N et à Savigny du SW au NE. On peut considérer Vevey comme le sommet d'une aire de dispersion, à partir duquel les drums rayonnent en éventail, cette disposition étant du reste la conséquence naturelle de la séparation de la branche rhodane et de la branche rhénane du glacier du Rhône.

Passant ensuite au mode de formation de ces crêts, M. Bieler insiste sur la fréquence des drums à noyau rocheux, et croit devoir en conclure que les saillies préexistantes du relief ont pris une part prédominante dans la genèse de ces collines sous-glaciaires. Il constate d'autre part que les drums sont particulièrement abondants là où il y a légère contrepente et où la marche du glacier devait subir un certain ralentissement. Enfin il démontre que, lorsque le glacier a cheminé parallèlement à la direction des couches de la mollasse, ce sont des crêts allongés qui se sont formés, tandis que là où la marche du glacier s'est faite transversalement à cette direction, le modelé glaciaire a pris la forme de mamelons.

Digitized by Google

M. M. LUGEON[1] a signalé des stries glaciaires dirigées N-S et marquées sur la mollasse, qui ont été mises à jour par les travaux d'élargissement de la tranchée du chemin de fer à Chexbres. La direction de ces stries correspond à celle indiquée par les drumlins des environs du lac de Bret.

M. B. ÆBERHARDT[2] a entrepris une étude des formations morainiques du pied du Jura, entre Bassins, Begnins et Vich d'une part, et Gex de l'autre, dans le but de déterminer la part prise dans la constitution de ces dépôts par les glaciers jurassiens et de contrôler la théorie de la phase de récurrence de ces derniers émise par M. H. Schardt.

Si de Nyon l'on se dirige vers Duillier et Coinsins, on traverse d'abord une région à surface ondulée formée par de la moraine de fond, puis une plaine d'alluvions faiblement inclinée, pour aboutir à un talus de 20 à 30 m. de hauteur et à une sorte de terrasse sur le bord de laquelle est situé le village de Coinsins. Cette terrasse est couverte de mamelons allongés, dont la longueur varie de 5 à 300 m. et dont la forme est tantôt simple, tantôt ramifiée avec plusieurs digitations plus ou moins parallèles. Ces mamelons sont dans la règle allongés du SW au NE et présentent une pente plus forte du côté NE que du côté SW; leur hauteur varie de 20 à 30 m. Des collines toutes semblables, avec un allongement dans le même sens, se retrouvent près de Trélex, vers la route qui mène de ce village à Saint-Cergues, ainsi que dans les environs de Gingins.

L'auteur a pu étudier la structure de plusieurs des mamelons que supportent la terrasse de Coinsins et constater qu'ils sont constitués par des couches assez irrégulièrement inclinées de sables et de graviers, sur lesquelles reposent des matériaux plus gros non stratifiés ou à stratification horizontale; les galets striés sont en général très rares et les éléments jurassiens sont en moyenne deux fois plus nombreux que les éléments alpins.

Plus près du Jura, à l'W de la ligne Gingins-Givrins-Genollier, on peut observer à nouveau des collines à allongement NE-SW, mais ces formations diffèrent des mamelons de Coinsins par l'absence presque constante de toute stratification. Les proportions relatives d'éléments alpins et juras-

[1] M. LUGEON. Stries glaciaires au tunnel de Chexbres. C. R. Soc. vaud. des sc. nat. *Archives Genève*, t. XI, p. 411.

[2] B. ÆBERHARDT. Etude critique sur la théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens. *Eclogæ*, t. VII, p. 103-119 avec une carte géol.

Digitized by Google

siens sont ici assez variables, les premiers formant tantôt moins du quart, tantôt plus du tiers de l'ensemble.

Enfin, plus au NW encore, au-dessus de Gingins et de Givrins, les pentes du Jura portent des sortes de monticules dont les uns sont allongés dans le sens de la pente, tandis que les autres dessinent des arcs de cercle avec leur convexité tournée vers la plaine. Ces crêts sont formé presque exclusivement d'éléments jurassiens, qui sont peu roulés, entassés sans stratification et dont les plus gros ont un volume de 1 m^3. Il est probable que ces formations représentent des moraines frontales de petits glaciers jurassiens plus ou moins remaniées par les eaux et dont les matériaux ont été en partie entraînés par les ruisseaux qui les traversaient jusque contre les collines à allongement NE-SW qui se trouvent au-dessous.

M. Æberhardt est amené par ses observations à considérer les mamelons allongés de Gingins, Givrins et Genollier comme représentant une moraine latérale du glacier du Rhône pendant la période de décrue de celui-ci et non pas comme des moraines terminales de glaciers jurassiens, suivant l'opinion émise par M. Schardt. Il fait remarquer à ce propos que les collines présentent toujours leur versant le plus abrupt du côté du lac. D'autre part, la forte proportion d'éléments jurassiens qu'elles contiennent s'explique fort bien par le long trajet que le glacier du Rhône a fait le long du pied du Jura.

Quant aux crêts de Coinsins, allongés parallèlement suivant une direction NE-SW, ils peuvent encore moins figurer des moraines frontales de glaciers jurassiens, et, si ces glaciers s'étaient réellement prolongés jusque-là, on devrait retrouver quelque part des traces de leurs moraines latérales, ce qui n'est pas le cas. Nous avons affaire ici à des alluvionnements sous-glaciaires, qui ont été modelés subséquemment par la glace en mouvement. Les parties du sol qui n'étaient pas traversées par les cours d'eau ont conservé le caractère normal de la moraine de fond et la proportion des éléments jurassiens contenus dans celle-ci va tout naturellement en augmentant de la plaine vers le Jura. Ces collines de Coinsins peuvent être assimilées aux kames des régions septentrionales.

Les glaciers jurassiens ont certainement existé, mais ne se sont jamais avancés dans la plaine. Par contre, pendant et après le retrait du glacier du Rhône, les cours d'eau du Jura

Digitized by Google

ont repris les matériaux morainiques avec lesquels ils ont créé la terrasse de Gland et les formations similaires.

M. K. Strübin [1] désigne sous le nom de Diluvium ancien les alluvions puissantes de Rüchen, près de Magden et de Vogelsand, près d'Arisdorf, dans le Jura bâlois, qui correspondent au Deckenschotter récent d'Alsace, décrit par M. Gutzwiller. A Vogelsand, la surface de ces alluvions est à une altitude de 425 m., tandis qu'au Känzli, près de Rheinfelden, elles ne dépassent pas 350 m. ; il faut donc admettre que l'alluvionnement s'est poursuivi sur une épaisseur d'au moins 75 m.

Le même auteur réunit sous le nom de Diluvium moyen les moraines de la deuxième glaciation, les alluvions des hautes terrasses et le Loess. Parmi les formations morainiques de ce complexe, il faut citer la moraine de fond, avec de nombreux quartzites alpins, qui prend un grand développement dans les environs de Scheuerhalden, et les nombreux blocs erratiques d'origine alpine qu'on trouve à des altitudes variant de 500 à 600 m.

Les hautes terrasses sont développées soit dans la vallée du Rhin, où elles renferment surtout des cailloux alpins, soit dans la vallée de l'Ergolz, où leurs éléments proviennent essentiellement des calcaires du Jura et de la Nagelfluh jurassienne. Quelques rares blocs alpins, qui se mêlent à ces alluvions jurassiennes, ont évidemment été enlevés à des formations morainiques situées plus haut. Le Loess n'existe dans les environs d'Augst que sous sa forme argileuse; il repose toujours sur les alluvions des hautes terrasses.

Les basses terrasses ou Diluvium récent forment dans la vallée du Rhin deux niveaux distincts, tandis qu'elles n'en forment qu'un dans les vallées latérales. Deux dents d'*Elephas primigenius* et un bois de *Cervus tarandus* ont été découverts dans ces alluvions.

M. A. Buxtorf [2] a constaté des traces de dépôts des hautes terrasses à côté des églises de Gelterkinden et d'Ormalingen, sur le flanc gauche de la vallée de l'Ergolz. Quelques moraines bien caractérisées, avec éléments alpins, existent dans la même région, et les blocs erratiques abondent sur certains points, permettant d'affirmer que le glacier du Rhône a couvert momentanément toute la région.

[1] K. Strübin. Beiträge zur Kenntniss der Stratigraphie des Basler Tafeljura.

[2] A. Buxtorf. Geologie der Umgebung von Gelterkinden.

Digitized by Google

La Société géologique suisse a consacré en 1901 une partie importante de son excursion annuelle à l'étude des formations glaciaires et fluvio-glaciaires du canton d'Argovie, au S d'Aarau, Brugg et Baden. Dans le programme détaillé rédigé pour cette excursion, M. F. Mühlberg[1] donne quelques intéressantes indications sur ces dépôts, plus particulièrement dans la région comprise entre Brugg et Mellingen. Au bord de la Reuss, à l'W de Birmensdorf, on peut voir, au niveau de la rivière, de la moraine de fond bien caractérisée, recouverte par les alluvions de la basse terrasse et, comme cet exemple est confirmé par d'autres, on peut certifier que la progression des glaciers s'est faite, non pas immédiatement après le dépôt des alluvions des hautes terrasses, mais après qu'une très longue phase d'érosion avait ramené le lit des cours d'eau à un niveau à peu près aussi bas que celui qu'ils occupent actuellement. Entre Mellingen et Birmensdorf, la moraine de fond, correspondant à la principale glaciation, est partout recouverte par les alluvions des basses terrasses.

M. de Lamothe[2], dans un travail comparatif sur les grands systèmes de terrasses des vallées de l'Isser, de la Moselle, du Rhin et du Rhône, a établi une classification des alluvions pliocènes et pléïstocènes des environs de Bâle, en se basant sur les travaux de MM. L. Du Pasquier et A. Gutzwiller. Avant le dépôt du Deckenschotter, une érosion prolongée a dû, d'après l'auteur, amené le niveau du Rhin à 150 m. environ au-dessus du thalweg actuel; ensuite, l'alluvionnement ayant repris, il s'est formé un remblai de 50 à 60 m. d'épaisseur dont le Deckenschotter ancien d'Alsace est un reste. Une nouvelle période d'érosion a provoqué, plus tard, un abaissement du niveau du fleuve de 100 m. environ; puis le fond de la vallée a de nouveau été remblayé sur une hauteur de 40 m. et le niveau inférieur du Deckenschotter s'est formé. Une troisième phase d'érosion a abaissé le thalweg de 75 à 80 m. et a été suivie par un nouveau remblai de 35 à 37 m. qui correspond à la haute terrasse. Après une quatrième période d'érosion, qui a produit un abaissement du lit du fleuve de 90 m., un remblai de 45 m. s'est formé, donnant naissance au gradin inférieur de la haute terrasse ou à la terrasse

[1] F. Mühlberg. Programm der Exkursionen der Schweizerischen geologischen Gesellschaft vom 7.-10. August 1901. *Mittheil. der Aargau. naturf. Ges.*, t. IX.

[2] de Lamothe. Etude comparée des systèmes de terrasses des vallées de l'Isser, de la Moselle, du Rhin et du Rhône. *Bull. de la Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 297-383.

Digitized by Google

moyenne. Il y a eu, ensuite, nouveau creusement sur 55 m., puis alluvionnement sur 30 m. d'épaisseur et formation des basses terrasses qui dominent le fleuve actuel de 31 m.; enfin, une dernière alternative d'érosion et de remblai a donné naissance au niveau inférieur des basses terrasses dont la surface est à 15 ou 20 m. au-dessus du Rhin.

Ainsi l'abaissement du thalweg produit par chaque période d'érosion serait constamment supérieur à l'exhaussement provoqué par le remblai qui a précédé et il n'y aurait que les basses terrasses qui seraient emboitées dans des alluvions plus anciennes.

Comme les terrasses superposées qui existent près de Bâle correspondent d'une façon remarquable, soit par leurs niveaux relatifs au-dessus du lit actuel du fleuve, soit par l'épaisseur des alluvions correspondantes, aux formations analogues qui ont été constatées dans les bassins de la Moselle, du Rhône et même de l'Isser, et comme les quatre fleuves en question s'alimentent dans des régions très différentes topographiquement et météorologiquement, l'auteur croit devoir attribuer l'origine de leurs systèmes de terrasses à une cause agissant, non pas en amont, mais en aval, et particulièrement à des variations du niveau de la mer. La théorie de la coïncidence des phases d'alluvionnement avec les périodes de glaciation, ne lui paraît pas satisfaisante pour plusieurs raisons. Rien ne prouve que la progression des glaciers ait eu pour conséquence une augmentation de la quantité des matériaux transportés et par conséquent de l'alluvionnement devant les moraines frontales; elle semble au contraire avoir dû produire un effet diamétralement opposé. D'autre part, après le retrait des glaciers, la dépression centrale existant en arrière des moraines terminales a dû, par suite de sa faible capacité, être vite comblée, et alors les cours d'eau, au lieu de creuser leur lit en aval dans les moraines et les alluvions, ont dû reprendre bientôt leur travail d'alluvionnement, en sorte qu'on serait tenté de considérer le recul des glaciers comme une cause non d'érosion, mais au contraire de remblai. Du reste, rien n'autorise à admettre que les anciens glaciers ont édifié devant leur front des barrages morainiques continus autour d'une dépression centrale d'une certaine profondeur; il paraît beaucoup plus probable que leurs émissaires ont pu maintenir constamment la liberté de leur chenal au travers des moraines frontales en formation. Enfin, pour démontrer que les variations de longueur des glaciers n'ont pas pu, à elles seules, donner naissance au phénomène des terrasses, il suf-

Digitized by Google

fit de faire remarquer que des systèmes de terrasses existent dans des vallées dont les cours d'eau n'ont jamais été alimentés par des glaciers et que, d'autre part, dans des vallées différentes, l'épaisseur des remblais, correspondant à des terrasses de même altitude relative et de même âge, est indépendante de l'importance des massifs d'alimentation.

Les relations qui existent entre les variations de longueur des glaciers et la formation des terrasses ne sont pas de simples relations de cause à effet, mais les deux phénomènes sont la conséquence d'une même cause : les oscillations du niveau de la mer ; si l'oscillation est positive, produisant une transgression, il s'ensuivra d'une part une augmentation des précipitations athmosphériques sur les continents voisins et une crue des glaciers, d'autre part une diminution de la pente des grands cours d'eau et par conséquent un alluvionnement dans les grandes vallées. Si, au contraire, il se dessine un mouvement régressif des mers, cette modification entraînera pour les mêmes raisons, soit un recul des glaciers, soit un retour des cours d'eau à une phase d'érosion. Ainsi le phénomène des terrasses serait dû à des oscillations du niveau des mers avec prédominance du mouvement négatif, qui auraient donné lieu à des phases alternatives d'alluvionnement et d'affouillement avec prédominance de ce dernier, provoquant ainsi un abaissement général du seuil des grandes vallées.

En creusant la tranchée de la nouvelle ligne de Bâle à Mulhouse, on a entamé assez profondément les alluvions de la basse terrasse du Rhin. Près de la gare de Bâle et sur les deux rives du Birsig, les alluvions du Rhin sont couvertes par des graviers d'origine jurassienne, amassés par le Birsig et surtout par une épaisse couche d'argile. M. A. Gutzwiller[1] a relevé près de la grande carrière, maintenant fermée, de l'Erdbeergraben le profil suivant :

e) 0m3 de terre arable, brunâtre, pauvre en chaux.

d) 1 à 1m2 de marne argileuse jaune avec des concrétions crayeuses et des coquilles d'Hélix.

c) 0m5 à 0m8 de marne grise, argileuse ou sableuse, bitumineuse et riche en planorbes, qui passe à la base aux

b) alluvions du Birsig formées de galets jurassiens très petits mêlés à une grande quantité de boue et de sable ; ce

[1] A. Gutzwiller. Zur Altersfrage des Loess. *Verhandl. der naturf. Ges. Basel*, B. XIII, H. 2, p. 271-286.

Digitized by Google

dernier forme des lentilles et provient des marnes à Cyrènes qui affleurent à Sainte-Marguerite.

a) Alluvions du Rhin.

A l'W du Birsig, au Holeeletten, la couche argileuse diminue d'épaisseur; d'autre part, les alluvions de la Birsig ne tardent pas à disparaître, en sorte que, au delà du Herrengraben, les alluvions du Rhin ne sont plus recouvertes que par une mince couche de terre arable, riche en cailloux roulés. Du reste on peut dire que, d'une façon générale, les dépôts argileux ne se trouvent sur la surface de la basse terrasse qu'au pied des collines voisines garnies de Lœss, ou bien sur le passage des ruisseaux, surtout de ceux qui, ayant un faible débit, n'ont pas pu entamer les alluvions. Ils forment des sortes de cônes de déjection, au profil très peu accusé, et représentent un Lœss remanié par les eaux courantes qui l'ont repris sur les collines supérieures et l'ont entraîné sur la surface de la basse terrasse. Quant au Lœss véritable des environs de Bâle, il est nettement interglaciaire et n'existe nulle part sur la surface de la basse terrasse. Il en est, du reste, de même près de Mulhouse, et ce que M. Förster considère ici comme du Lœss proprement dit, reposant sur la basse terrasse, est incontestablement du Lœss remanié. D'autre part, le Lœss sableux (Sandlœss) de Wittenheim est un dépôt argileux, formé dans des eaux troubles après le retrait définitif du glacier, comme le démontrent suffisamment sa structure et sa composition et quoiqu'on y ait trouvé des restes de mollusques terrestres.

En résumé le Loess véritable n'existe entre Bâle et Mulhouse nulle part sur la basse terrasse, et les dépôts postglaciaires qu'on lui a attribués sont, ou bien du Loess remanié, ou bien des argiles fluviatiles. Quant aux sables éoliens postglaciaires que M. Früh a constatés soit dans la vallée du Rhône, soit dans le canton de Saint-Gall, il ne faudrait pas leur appliquer non plus le nom de Loess qui devrait être réservé aux formations analogues interglaciaires.

M. H. Schardt [1] considère comme de véritables dunes une succession de collines qui s'élèvent au milieu des marais du Seeland entre Anet, Champion et Witzwyl. La colline du Dählisandhubel, qui en fait partie, a une hauteur de 4-7 m., une longueur de 1 kilomètre et une largeur de 150-250 m. ;

[1] H. Schardt. Dunes du Marais du Seeland. C. R. des séances Soc. neuch. des sc. nat. — *Archives Genève*, t. XII, p. 192.

Digitized by Google

elle est entièrement formée d'un sable fin peu cohérent; 2 collines semblables s'élèvent plus au SE au Islerenhölzli. Grâce à une coupe faite par la ligne Berne-Neuchâtel on peut se convaincre que ces dépôts éoliens sont plus anciens que la tourbe; ils datent probablement de l'époque qui a suivi le retrait des glaciers.

Le même auteur donne ensuite la description des alluvions qui forment le fond de la vallée du Locle et d'un gisement de tuffeau pléïstocène composé de terre tuffeuse blanche ou violacée avec *Patula rotundata*, *Bulimus lubricus*, etc., qu'il a découvert dans le fond de la vallée des Fahis.

M. E. Renevier [1] s'est occupé du vallon transversal qui coupe de l'E à l'W la colline liasique de Saint-Triphon. Il y voit le prolongement de la profonde vallée qui descend de Panex sur Ollon. Ce vallon a dû être abandonné par le cours d'eau qui l'avait creusé à la suite de l'érosion particulièrement rapide opérée par la Gryonne, dont l'action était énormément exagérée par la fonte rapide des glaciers qui l'alimentaient, et d'autre part beaucoup facilitée par la faible résistance des couches gypsifères du Trias qu'elle traversait.

MM. P. et F. Sarasin [2] ont développé une explication de la période glaciaire, d'après laquelle la cause du refroidissement et de l'exagération de l'humidité atmosphérique nécessaires à l'accroissement des glaciers pourrait être cherchée dans de violentes éruptions volcaniques qui auraient jeté dans l'atmosphère une quantité considérable de vapeur et de cendres. On sait en effet que les époques pliocène et pléïstocène ont été marquées par la formation de gigantesques effondrements dans les régions méditérranéennes et atlantiques. Les bords de ces bassins effondrés étaient jalonnés de volcans, qui devaient donner lieu à des explosions d'autant plus violentes que leurs parties profondes étaient plus exposées à l'action des eaux d'infiltration par la proximité de la mer. On peut donc admettre que cette période a été marquée non seulement par une grande activité volcanique mais encore par de violentes éruptions explosives avec dégagements particulièrement importants de vapeurs et de cendres.

Or l'éruption récente du Krakatoa a montré que les cen-

[1] E. Renevier. Vallée transversale à travers le monticule de Saint-Triphon. — *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXVII. Séance du 6 juin 1901.

[2] P. et F. Sarasin. Ueber die mutmassliche Ursache der Eiszeit. *Verh. der naturf. Ges. Basel*, B. XIII, H. 3, p. 603-618.

Digitized by Google

dres volcaniques, lorsqu'elles sont émises en quantité suffisante, peuvent se répandre dans toute l'atmosphère et y rester suspendues pendant plusieurs années. Elles peuvent alors intercepter une partie des rayons solaires et en diminuer les effets lumineux et calorique ; d'autre part, elles favorisent la condensation des vapeurs et par conséquent les chutes de pluie ou de neige. Si l'éruption du Krakatoa a produit une action incontestable dans ce sens dans les régions tropicales où ses cendres étaient surtout abondantes, il n'y a aucune exagération à admettre qu'une activité volcanique intense et répartie sur d'immenses espaces ait pu provoquer l'établissement des conditions climatériques spéciales de la période glaciaire.

Nous devons à M. Th. Studer [1] une monographie des plus intéressantes sur les chiens pléïstocènes et actuels. Sans vouloir analyser ici ce travail dont l'intérêt est plus spécialement zoologique, nous en citerons les parties qui concernent les races pléïstocènes.

Parmi les chiens paléarctiques on peut distinguer 5 types principaux : 1° type du *Canis palustris*, 2° type du *Canis Inostranzewi*, 3° type du *Canis Leineri*, 4° type du *Canis intermedius*, 5° type du *Canis matris optimae*.

Le Canis palustris se trouve dans les stations néolithiques en Suisse et dans le S de l'Allemagne ainsi que dans des dépôts datant de l'époque romaine. Il paraît avoir disparu actuellement d'Europe mais existe encore en Sibérie chez les Samoyèdes et les Tungouses, ainsi qu'à Sumatra, en Chine (Tschau) et dans la Nouvelle-Guinée. Il est caractérisé par son crâne petit avec une boîte cranienne arrrondie, par un museau court et pointu et par une région frontale creusée dans sa partie médiane (coup de hache) et reliée à la région nasale par une surface très oblique.

Par l'élevage le Canis palustris a déjà été modifié pendant les temps néolithiques et scindé en plusieurs races. C'est ainsi qu'on trouve dans les dépôts récents de l'âge de la pierre polie un chien plus grand que le vrai Canis palustris et qui se rapproche du Spitzer moderne. Il existe d'autre part à la même époque un autre type, qui a conservé la taille du Canis palustris, mais qui s'en distingue par sa boîte crânienne plus large et par son front plus élevé (passage au

[1] Th. Studer. Die prähistorischen Hunde in ihrer Beziehung zu den gegenwärtigen Hunderassen. — *Mém. Soc. pal. suisse*, t. XXVIII, 137 pages, 9 planches.

Digitized by Google

Canis Spalleti Strobel). Une troisième race est un peu plus grande que le type primitif et possède une voûte crânienne fortement bombée sans aucune trace de crête sagittale ; elle se rapproche nettement du Pintscher actuel. Enfin une quatrième race, de taille relativement grande, possède un crâne allongé avec une crête sagittale bien développée, un front saillant et large, un museau long et arrondi en avant ; elle peut être considérée comme un terme de passage du Canis palustris au chien de chasse primitif (Canis intermedius), ou bien comme un produit de croisement entre le Canis palustris et une autre race.

M. Studer a d'autre part constaté l'existence dans la station néolitique de Font au bord du lac de Neuchâtel et dans un dépôt de l'âge du bronze au bord du lac de Bienne du *Canis Inostranzewi* que M. Anutschin avait découvert dans les formations néolithiques du lac de Ladoga, et qui peut être considéré comme la forme ancestrale du chien de garde de la plaine suisse, du Saint-Bernard, du Terre-Neuve, du dogue, ainsi que de divers chiens actuels du Nord.

Le *Canis Leineri* a été décrit par M. Studer d'après un crâne découvert dans la station néolithique de Bodman au bord du lac d'Ueberlingen. La capsule crânienne est allongée et voûtée, la crête sagittale est médiocrement développée, le front est large, légèrement déprimé au milieu, le museau est allongé et large.

Cette même race a été constatée dans le néolitique récent de Font ; elle a probablement été importée du Nord de l'Europe en Suisse et se rapproche des races actuelles du Nord, en particulier du chien-loup irlandais et du Deerhound écossais.

Le *Canis intermedius*, qui est relié au Canis palustris par une transition positive, en diffère par son front plus large et plus plat, par sa mâchoire supérieure plus élargie dans sa partie postérieure et par son museau plus largement arrondi. Il comprend actuellement les divers types de chiens de chasse et se retrouve jusque dans les formations de l'âge du bronze dans la basse Autriche et en Bohême.

Le *Canis matris optimae* a été décrit tout d'abord des environs d'Olmütz par Jeitteles ; il a été retrouvé abondamment dans les dépôts de l'âge du bronze et existait en particulier en Suisse où l'on en a découvert des restes dans les stations de palaffites des bords des lacs de Genève, de Neuchâtel, de Bienne et de Morat. Il se rapproche beaucoup du Canis Leineri, dont il se distingue pourtant par son crâne

Digitized by Google

plus petit et moins allongé, par son front moins large, par son museau plus court et plus pointu, la longueur de la région cervicale dépassant toujours celle de la région nasale. C'est un chien berger typique et il paraît probable qu'il a été importé dans l'Europe occidentale par des pleuplades venues de l'Asie qui se livraient à l'élevage du petit bétail.

Les chiens du Sud dont les principaux représentants actuels sont les Parias de l'Egypte et de l'Asie méridionale, les Dingo d'Australie, les dogues du Thibet, sont inconnus dans les formations pléïstocènes d'Europe.

Pour terminer, M. Studer reprend la question de l'origine des diverses races de chiens préhistoriques ; après avoir discuté les opinions émises sur ce sujet par Woldrich, Nehring, Bourguignat, etc., il émet les idées suivantes : les chiens du Sud peuvent tous se ramener au *Canis tenggeranus* qui n'est lui-même qu'une variété du *Canis ferus*. Celui-ci, ayant été apprivoisé dans certaines régions, a d'autre part donné naissance à plusieurs races distinctes telles que *Canis hodophylax*, *Canis Mikii*. Puis, par des croisements successifs entre ces divers chiens et le loup, l'homme a créé des races plus fortes que le chien primitif telles que *Canis Inostranzewi*, *Canis Leineri*, *Canis decumanus*. Canis palustris et Canis matris optimae paraissent au contraire être des descendants relativement purs du chien pléïstocène de l'Eurasie.

Genève, le 12 juillet 1902.

TABLES SPÉCIALES DE LA REVUE

I. TABLE DES MATIÈRES

		Pages
Nécrologies		477
I.	**Tectonique.** Descriptions géologiques, tectoniques et orographiques	477
	Manuel de Géologie	477
	Alpes. *Alpes calcaires occidentales.*	479
	Préalpes et klippes. Chablais. Niremont-Pleïades. Hornfluh. Spielgerten. Wildstrubel. Haute vallée de Lauenen	479
	Alpes calcaires orientales. Vallée du Rhin. Rhäticon. Prätigau.	486
	Alpes calcaires méridionales. Région des lacs nord-italiens	496

Digitized by Google

Pages

Alpes cristallines. Mont Blanc 499
Jura. Jura franc-comtois. Jura neuchâtelois. Jura bâlois et argovien. Gorges de l'Areuse. Coude du Rhin à Bâle 499
Gisements anormaux 504
Plateau Miocène. Mollasse de Marin. Ravin de la Paudèze. Lac de Pfäffikon 506

II. **Minéralogie et pétrographie** 508
Minéralogie. *Minéraux* 508
Pétrographie. *Roches cristallines éruptives* 511
Gneiss granitique du Roc-Noir 514
Serpentines du Geisspfad 518
Porphyres de la région de Lugano. 523
Zone amphibolitique d'Ivrée. 524
Roches métamorphiques. Marbres alpins, schistes verts, schistes de Casanna 525

III. **Géologie dynamique.** Actions et agents externes 528
Sources 528
Cours d'eau et vallées. Origine des vallées alpines. Tronçons épigénétiques 530
Lacs. Sédimentation. Thermique. Limnimétrie. 533
Glaciers. Variations 536
Avalanches 538
Tourbières 540
Eboulements. Rocher de la Clusette 544
Actions et agents internes. *Tremblements de terre* 545

IV. **Stratigraphie et Paléontologie** 546
Trias. Lac d'Iseo. Grisons 546
Trias du Jura 548
Jurassique. Alpes méridionales 552
Jurassique du Rhæticon 553
Jurassique des Préalpes 555
Jurassique du Jura septentrional 556
Oxfordien du Jura bernois 566
Crétacique. Lac d'Iseo 567
Crétacique du Rhæticon 567
Crétacique des Préalpes 568
Crétacique du Jura 570
Poches hauteriviennes. 577
Nummulitique et Flysch. Prätigau 578
Flysch préalpin 579
Sidérolitique. Jura bernois. 581
Mollasse. Plateau suisse. Jura. 581
Quaternaire. Pleïstocène du lac d'Iseo 584
Glaciaire du canton de Vaud. 585
Vallée du Rhin et Jura bâlois 589
Dunes du Seeland. 593
Explication de la période glaciaire. 594
Chiens pleïstocènes 595

Digitized by Google

II. TABLE DES AUTEURS

Aeberhardt, P. Phase de récurrence des glaciers jurassiens, 587.

Baltzer, A. Environs d'Iseo, 496. Protogine du massif de l'Aar, 513. Marbres métamorphiques alpins, 525. Trias lac d'Iseo, 546. Jurassique, 552. Crétacique, 567. Moraines et et alluvions, 584.

Baumberger, E. Crétacique du Jura, 570.

Baumhäuer, H. Seligmannite du Binnenthal, 510.

Béguin, F. Pli-faille à Chatollion, 501.

Bieler, Th. Modelé glaciaire de la plaine vaudoise, 585.

Billwiller. Tremblements de terre en Suisse en 1900, 546.

Bistram A. von. Région des lacs de Côme et de Lugano, 497. Lias des des environs de Lugano, 553.

Blaas, J. Alpes du Tyrol et du Vorarlberg, 495.

Bonard, A. Soubassement cristallin de la Dent de Morcles, 511. Voir Rœssinger.

Bonney, F.-A. Flysch des Alpes suisses, 486. Euphotide de la vallée de Saas, 518.

Bourquin, E. et Rollier, L. Gisement anormal de Néocomien, 505 et 577.

Brückner, E. Dépôt de vase dans le lac d'Oeschinen, 533.

Buxtorf, A. Keuper du Jura bâlois, 551. Jurassique, 562. Miocène, 582. Pleïstocène, 589.

Dubois, A. Géologie des gorges de l'Areuse, 503. Voir Schardt.

Duparc, L. Schistes de Casanna, 526.

Duparc, L. et Mrazec, L. Origine de l'épidote, 510.

Duparc, L., Mrazec, L. et Pearce, F. Carte géol. du mont Blanc, 499.

Eberli, J. Mollasse de Thurgovie, 581. Pleïstocène, 585.

Finsterwalder et Muret. Variations des glaciers, 537.

Forel, F.-A. Matières organiques dans l'eau des lacs, 534. Thermique des lacs, 534. Glacier du Rhône, 538. Eboulement du Fletschhorn, 540.

Forel, Lugeon et Muret. Variations des glaciers, 536.

Fournier. Tectonique du Jura franc-comtois, 499.

Frey, H. Manuel de géologie et minéralogie, 477.

Früh, J. Tremblements de terre en Suisse en 1899, 545.

Girard, R. de. Jurassique des Préalpes fribourgeoises, 556. Crétacique, 568. Flysch, 579. Mollasse, 581. Pleïstocène, 585.

Gremaud, A. Mouvements de Terrain, 545.

Gutzwiller, A. Loess, 592.

Hagenbach-Bischoff. Glacier du Rhône en 1899-1900, 536.

Heim, A. Dépôt de vase dans le lac des Quatre-Cantons, 533.

Hermite. Géologie théorique, 478.

Hirschi, H. Biotite dans les roches cristallines, 508.

Huene, S. von. Biographie des environs de Bâle, 504.

Kaech, M. Porphyres de la région de Lugano, 523.

Keidel, H. Tectonique de la Hornfluh et des Spielgerten, 482.

Lamothe de. Alluvions des environs de Bâle, 590.

Leuthardt, F. Flore de la Lettenkohle du Jura bâlois, 552.

Lorenz, Th. Tectonique du Praetigau et du Falkniss, 494. Jurassique, 553. Crétacique, 567. Flysch, 578.

Loriol, P. de. Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien du Jura bernois, 566.

Digitized by Google

LUGEON, M. Tectonique des Préalpes, 479-483. Chevauchement de l'aquitanien sur le burdigalien à la Paudèze, 507. Origine des vallées alpines, 530. Gorges épigénétiques, 532. Stries glaciaires à Chexbres, 587. Voir Forel.

LUGEON, M. et ROESSINGER, G. Tectonique de la haute vallée de Lauenen, 483. Trias, 548. Jurassique, 555. Crétacique, 568. Nummulitique, 579.

MILCH, L. Gneiss granitoïde du Roc Noir, 514.

MRAZEC, L. Voir Duparc.

MÜHLBERG, F. Tectonique de la chaîne Hauenstein-Schafmatte, 503. Sources d'Argovie, 529. Pleïstocène d'Argovie, 590.

MURET, E. Voir Finsterwalder, voir Forel.

NEUWEILER, E. Tourbières de la Suisse, 540.

PEARCE, F. Voir Duparc.

PERROT, S. DE. Lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat, 534.

PREISWERK, H. Serpentine du Geisspfad, 518. Schistes verts du Val d'Evançon, 526.

RENEVIER, E. Vallon transversal de la colline de Saint-Triphon, 594.

RITTER, G. Hydrologie du canton de Neuchâtel, 528.

ROESSINGER, G. Voir Lugeon.

ROESSINGER, G. et BONARD, A. Roches cristallines de la Hornfluh, 485 et 580.

ROLLIER, L. Poche sidérolithique, 581. Voir Bourquin.

ROTHPLETZ, A. Origine de la vallée du Rhin, 486. Zone limithrophe entre les Alpes orientales et occidentales, 487. Région du Rhaeticon, 492. Géologie du Madrishorn, 547.

SARASIN, CH. Crétacique de la chaîne Pleïades-Niremont, 569.

SARASIN, CH. et SCHÖNDELMAYER, CH. Tectonique de la chaîne Niremont-Pleïades, 481. Crétacique de Châtel-Saint-Denis, 569.

SARASIN, E. Oscillations du lac des Quatre-Cantons, 535.

SARASIN, P. et F. Théorie de la période glaciaire, 594.

SCHAEFER, R. Zone amphibolitique d'Ivrée, 524.

SCHARDT, H. Roches cristallines de la Hornfluh, 485. Décrochement sur le flanc du Chaumont, 502. Poche hauterivienne, 504. Gisement anormal de Néocomien, 506. Colline mollassique de Marin, 506. Eboulement du Fletschhorn, 540. Mouvements du Rocher de la Clusette, 544. Poche hauterivienne, 577. Calcaire d'eau douce oligocène de Gorgier, 583. Mollasse de Marin, 583. Langhien du Val de Travers, 583. Dunes du Seeland, 593.

SCHARDT, H. et DUBOIS, A. Tectonique du Val de Travers, 502. Crétacique, 574.

SCHMIDT, C. Wulfenite du Val d'Anniviers, 508.

SCHÖNDELMAYER, CH. Voir Sarasin.

SPRECHER, W. Avalanches dans le Val Tamina, 538.

STRÜBIN, K. Keuper du Jura bâlois, 548 et 550. Jurassique, 556 et 560. Jurassique du Frickberg, 561. Pleïstocène, 589.

STUDER, PH. Races de chiens préhistoriques, 595.

TARNUZZER, CH. Schistes rouges et quartzites de la Plattenfluh, 547.

TORNQUIST, A. Région des lacs norditaliens, 498.

WEBER, J. Géologie de la région de Pfäffikon avec carte, 507.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie.

Digitized by Google

Chez GEORGES BRIDEL & Cie éditeurs à Lausanne.

A PARIS
A LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, boulevard St Germain.

A BALE
CHEZ GEORG & Cie
libraires.

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTE-RENDU DE LA 6e SESSION EN SUISSE

Août 1894, Zurich.

Prix avec 12 tableaux en couleurs :

25 francs. — 20 marcs. — £ 1. — $ 5.

CHRONOGRAPHE GÉOLOGIQUE

12 grands tableaux en couleur, avec texte explicatif, et Répertoire stratigraphique polyglotte,

par E. RENEVIER, prof.

Prix : **10 francs.** — Les tableaux seuls, en feuilles : **6 francs.**

Récentes publications de la

COMMISSION GÉOLOGIQUE FÉDÉRALE

En dépôt chez A. Francke, à Berne.

Carte géologique du bassin du Léman. 2e édition de la Feuille XVI, au 1 : 100000. . . . . 10 fr.

Carte géologique des environs de Moutier, au 1 : 25000. 6 fr.

Carte géologique des environs de Bellelay, au 1 : 25000. 6 fr.

Geologische Karte der Lägern, 1 : 25000 . . . . . 6 fr.

Matériaux pour la carte géologique de la Suisse :

— 2e série, livraison IX : *Oberholzer, Monographie einiger prähistorischen Bergstürze in den Glarneralpen.* 15 fr.

— Idem, livraison X : *Lorenz, Monographie des Fläscherberges* . . . . . 10 fr.

— Idem, livraison XI : *Buxtorf, Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura* . . . . . 10 fr.

— Idem, livraison XIII : *Rittener, Etude géologique des environs de Sainte-Croix et Baulmes* . . . . . 15 fr.

Digitized by Google

Bonne occasion.

A vendre la série complète jusqu'à 1895 des

Matériaux pour la Carte géologique de la Suisse.

Livraisons I à XXXIV

avec les 25 feuilles au 1 : 100 000, dont quelques-unes entoilées.

Prix du bloc : **400 francs.**

S'adresser à Mme Veuve **AUG. JACCARD** au **Locle**, Neuchâtel (Suisse).

PRIX DES ECLOGÆ

Le vol. I des *Eclogæ* n'est plus en vente séparément.

	En librairie.	Aux membres.
Série des volumes I à V	Fr. 65 —	Fr. 55 —
Volumes II à VI, séparément . . .	» 12 —	» 10 —
Fascicules disponibles des vol. I à V .	» 2 50	» 2 —

Dès le N° 1 du vol. VI le prix de chaque livraison est marqué sur la couverture. — Réduction de $^1/_4$ pour les membres.

Demande :

La Rédaction des *Eclogæ* serait reconnaissante à qui pourrait lui remettre, pour compléter quelques volumes, les fascicules suivants :

Vol. I, N° 5.	Vol. IV, N° 5.
» II, N° 2.	» VI, N° 4.
» III, N° 3.	

Prix de ce fascicule : 2 fr. 80.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

FEB 10 1947

Gj - S

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

RECUEIL PÉRIODIQUE
DE LA
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE
SUISSE

MITTHEILUNGEN
DER
SCHWEIZ. GEOLOGISCHEN
GESELLSCHAFT

publié par le président de la Société

E. RENEVIER, professeur.

Vol. VII, N° 7.

	Pages.
34. CH. SARASIN. Revue géologique suisse de 1902	160
1re partie. Tectonique	603
2e » Minéralogie et Pétrographie	626
3e » Géologie dynamique	646
4e » Stratigraphie et Paléontologie	675
Tables spéciales de la Revue	733
Contenu du volume VII	738

LAUSANNE — GEORGES BRIDEL & Cie ÉDITEURS

Novembre 1903.

Digitized by Google

Les ***Eclogæ*** servent d'organe périodique à la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE *(Schweizerische geologische Kommission).*

Les livres, cartes, etc., donnés en échange contre les publications de la COMMISSION GÉOLOGIQUE SUISSE doivent être adressés :

Tit. Bibliothek des eidgenössischen Polytechnikums,
(in Tausch mit der SCHWEIZERISCHEN GEOLOGISCHEN KOMMISSION)
in ZURICH

Les envois de livres, etc. destinés à la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, doivent être adressés :

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE SUISSE, p. adr. *Bibliothèque de la Société helvétique des sciences naturelles à BERNE.*

Annonces.

Les ***Eclogæ*** insèreront volontiers des annonces payantes de publications géologiques, comptoirs minéralogiques et paléontologiques, collections ou bibliothèques à vendre, etc. Le prix des annonces est de 5 fr. par *quart de page*, avec réduction pour les annonces plusieurs fois répétées.

Die ***Eclogæ*** nehmen gerne bezahlte Anzeigen über geologische Publikationen, mineralogische und paläontologische Geschäfte, zum Verkauf ausgebotene Sammlungen oder Bibliotheken, etc. auf. Der Preis der Annoncen beträgt 5 Fr. für die Viertelsseite mit Ermässigung bei Wiederholung derselben Anzeige.

LIVRET-GUIDE GÉOLOGIQUE EN SUISSE

Nous n'avons plus de Livret-guide à prix réduit. Pour l'obtenir s'adresser à l'éditeur F. PAYOT, à Lausanne. Il reste encore chez notre caissier quelques *Separata* aux prix suivants :

Excursions d[s] le Jura (A I, II, III, B VI), chacune Fr. 1 —
Notices sur les Musées géologiques de la Suisse. » — 50

S'adresser à M. le prof. MÜHLBERG, à Aarau, en lui envoyant la valeur en *timbres-poste suisses.*

Digitized by Google

13620

FEB 10 1971

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Revue géologique suisse pour l'année 1902.

N° XXXIII

par Ch. Sarasin.

Introduction.

En commençant la revue géologique de l'année dernière, je considère comme mon devoir d'exprimer à M. H. Schardt, mon collègue et ami, le regret que j'éprouve avec tous les géologues suisses de ce que ses nombreuses occupations l'aient obligé à cesser sa collaboration à la revue; en même temps je lui exprime ici au nom de mes collègues de la société géologique toute notre reconnaissance pour la peine qu'il a prise pendant de longues années en étudiant et en résumant ici les travaux concernant la géologie de notre pays.

La revue pour 1901 a paru avec un retard de près d'une année, et il en est résulté que plusieurs travaux ayant paru en 1902 y ont été analysés par M. Schardt. Je me contenterai cette fois-ci de citer ces publications pour donner une liste bibliographique aussi complète que possible, en renvoyant pour le compte rendu à la dernière revue.

Nécrologies.

M. A. Baltzer[1] a retracé dans une courte notice l'activité scientifique d'Edmond de Fellenberg, cet aimable collègue, dont tous les géologues suisses ont regretté la perte prématurée. Après avoir dépeint le caractère modeste et

[1] A. Baltzer. Dr Ed. von Fellenberg. *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. XXIII-XXXVI.

Digitized by Google

affable de Fellenberg et la passion qu'il professa dès le jeune âge pour la vie dans la haute montagne, entreprenant d'innombrables ascensions difficiles et dangereuses, M. Baltzer a fort bien montré comment chez Fellenberg le sportsman s'est bientôt doublé d'un observateur intelligent et d'un naturaliste de mérite, dont les travaux ont contribué largement à élucider plusieurs des grands problèmes de la géologie des massifs centraux des Alpes. Parcourant en tous sens la partie occidentale du massif de l'Aar, Fellenberg y a récolté d'innombrables observations, qu'il a publiées dans des notices éparses, avant de les collationner dans son important ouvrage intitulé *Geologische Beschreibung des westlichen Theiles des Aarmassivs*, 21e livr. des *Mat. p. la Carte géol. de la Suisse*, 1893.

Parmi les points les plus importants auxquels Fellenberg a touchés, il faut citer les coins calcaires enfoncés dans les schistes cristallins du versant S du massif, et la tectonique si compliquée de la Jungfrau. Il s'est occupé aussi bien du granite alpin lui-même et de la zone gneissique du versant S. que de la calotte sédimentaire qui couvrait le cristallin et du développement qu'elle a dû prendre au début.

Fellenberg a publié d'autre part plusieurs études minéralogiques, concernant presque tous les gisements importants qu'il a rencontrés dans son terrain d'exploration.

Ce savant, si sympathique à tous, était né à Berne le 9 mars 1838; après avoir étudié de 1857 à 1858 dans sa ville natale sous la direction de B. Studer, il entreprit plusieurs voyages : à Londres, à Berlin, en Hongrie, en Bosnie. A Freiberg, il s'initia à la géologie pratique. Rentré à Berne, il consacra ses étés à ses excursions géologiques, tandis qu'en hiver il s'occupait surtout d'archéologie étudiant successivement les stations préhistoriques du lac de Bienne et les stations burgondes-allemanes d'Elisried près de Waleren.

Il se voua enfin avec un grand dévoûment au développement du musée d'histoire naturelle de Berne, auquel il fit don de ses propres collections et fut avec G. de Bonstetten le principal créateur du musée archéologique de sa ville natale.

Cette biographie de Fellenberg est complétée par la liste complète de ses travaux, qui sont au nombre de 41.

Digitized by Google

Ire PARTIE — TECTONIQUE

Alpes.

En commençant cette première partie je dois d'abord citer deux publications qui, quoique parues seulement en 1902, ont été analysées déjà par M. Schardt dans la revue pour 1901 ; ce sont : l'étude de M. A. Rothpletz [1] sur la région du Rhätikon et du Prättigau et l'étude de M. A. Tornquist [2] sur les chaînes qui entourent les lacs de la haute Italie.

M. Schardt [3], qui suit depuis le début les travaux du percement du tunnel du Simplon, résume comme suit les observations qu'il a pu faire jusqu'ici :

Le **massif du Simplon** se compose des terrains suivants :

1° Schistes lustrés, micacés ou calcarifères avec bancs calcaires et intercalations de schistes verts et de roches amphiboliques.

2° Calcaires dolomitiques gris, micacés, avec gypse, anhydrite et schistes intercalés.

3° Micaschistes et gneiss, souvent calcarifères ou granatifères, avec intercalations de schistes chloriteux et d'amphibolites.

4° Gneiss schisteux et fibreux du Monte Leone et gneiss massif d'Antigorio.

Le groupe 1 est jurassique ; le groupe 2 appartient vraisemblablement au Trias ; le groupe 3 correspond à un complexe sédimentaire métamorphisé et traversé par des roches éruptives ; il paraît n'être en partie qu'une forme plus métamorphique du groupe 1 ; le groupe 4 représente le terrain primitif tantôt fortement laminé (gneiss schisteux), tantôt peu modifié (gneiss massif).

Ces terrains divers se superposent plusieurs fois, formant plusieurs replis empilés, dont le plus important serait le grand pli de gneiss d'Antigorio constaté déjà en 1869 par

[1] A. Rothpletz. Das Gebiet der zwei grossen rhätischen Ueberschiebungen zwischen dem Bodensee und dem Engadin. *Sammlung geol. Führer*, X. Berlin, 1902. Gebr. Borntträger. 256 pages et 81 fig.

[2] A. Tornquist. Das Gebirge der oberitalienischen Seen. Berlin, 1902. *Sammlung der geol. Führer*. Gebr. Borntträger. 302 pages et 30 fig.

[3] H. Schardt. Résultats géologiques obtenus par le percement du tunnel du Simplon. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 19 fév. 1902 et *Arch. Genève*, t. XIII, p. 605.

Digitized by Google

Gerlach. Il paraît évident que les schistes calcarifères qui sont infraposés au gneiss d'Antigorio sont le prolongement de ceux que le gneiss supporte, et ne forment pas, comme certains auteurs l'ont admis, le cœur du massif. En profondeur le tunnel du versant S., après avoir traversé plus de 4 km. de gneiss d'Antigorio est entré dans les calcaires dolomitiques sans rencontrer de schistes calcarifères qui, en surface, séparent le gneiss des calcaires.

Etudiant de son côté la **tectonique du massif du Simplon**, M. M. LUGEON[1] fait remarquer que le gneiss d'Antigorio et du Monte Leone, par suite d'un abaissement vers l'W de l'axe des plis, s'enfonce dans cette direction sous le Laquinhorn, tandis que vers l'E, à l'Ofenhorn, il plane sur des masses considérables de schistes lustrés. A la Cisterna il existe de véritables lambeaux de recouvrement de gneiss. Au S du village de Simplon on peut voir le gneiss du Monte Leone se relier à celui du Seehorn par une disposition périclinale des couches ; on peut donc admettre que la bande de gneiss, qui s'étend du Seehorn par le Pizzo d'Albione et Crevola jusque dans le massif tessinois, n'est autre chose que la racine d'un grand pli couché vers le N, dont la tête forme le massif du Monte Leone et de l'Ofenhorn. Le massif de Lebendun doit être formé ou bien par un repli de cette vaste nappe ou bien par un pli indépendant développé d'une façon analogue. Ainsi le massif gneissique du Tessin donnerait lieu à des nappes considérables empilées et couchées vers le N.

M. T. TARAMELLI[2], après avoir résumé la question des relations du gneiss d'Antigorio avec les schistes sous-jacents du Simplon depuis l'époque du rapport présenté en 1878 par M. Renevier, expose un certain nombre d'observations concernant ce point, qu'il a faites dans les environs de Varzo.

Près de cette localité, le long de la Cairasca, affleurent des schistes calcarifères, micacés associés à des micaschistes et à des gneiss schisteux. Ce complexe qui plonge de 25° au SW s'enfonce près de Tresquera sous le gneiss d'Antigorio ;

[1] M. LUGEON. Sur la coupe géologique du massif du Simplon. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.* C. R. de la séance du 16 avril 1902 et *Archives de Genève*, t. XIV, p. 79. Voir aussi *C. R. de l'Ac. des sciences de Paris*, 24 mars 1902.

[2] T. TARAMELLI. Alcune osservazioni stratigrafiche nei dintorni di Varzo. *Rendiconti del R. Ist. lomb. di Sc. e Lett.* Série II, vol. XXXV, 1902.

Digitized by Google

à Gebbio il renferme des dolomies saccaroïdes ; à San Bernardo on y trouve du gypse ; ces mêmes schistes calcarifères forment toute la région entre Varzo, San Carlo et Torrigia. Tandis qu'ils plongent faiblement vers le SW au N et à l'W de Varzo, ils plongent de 35° vers le NW, près de Castello, à une faible distance du gneiss d'Antigorio.

L'auteur, se basant sur l'analogie des schistes calcarifères du Val Cairasca avec les roches des Alpes occidentales et sur l'existence d'une véritable zone de passage entre les schistes et le gneiss du Monte Leone, admet que la zone gneissique du Tessin sous-jacente aux schistes lustrés ne correspond pas aux gneiss du massif de l'Aar et du Gothard, mais représente des formations paléozoïques métamorphisées. Quant au gypse intercalé dans les schistes calcarifères avec des dolomies en maints endroits, son origine paraît être primaire et sa présence constitue un argument en faveur de l'âge triasique des formations qui le contiennent.

La publication parue en 1902 et concernant la tectonique alpine qui a le plus attiré l'attention est incontestablement celle que M. M. Lugeon[1] a intitulée **les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse** et dans laquelle il développe la thèse que le front N de la chaîne alpine de l'Arve à Salzburg est formé par de grandes nappes superposées, qui couvrent complètement le vrai front, tandis que les régions profondes des gneiss montrent elles aussi le phénomène de nappes analogues.

Entre l'Arve et l'Aar on peut voir partout le long de la zone dite des cols les plis des Hautes-Alpes s'enfoncer sous les terrains plus anciens des Préalpes. Le fait est particulièrement manifeste dans la vallée du Rhône où les anticlinaux de Collombey et de Muraz sortent sous le massif triasiquo-jurassique de Tréveneuse. Dans les montagnes de Bex on peut voir aussi le Néocomien du jambage inférieur du grand pli de Morcles s'enfoncer sous le Flysch recouvert par le Néocomien préalpin ; plus à l'E ce dernier s'appuie directement sur le jambage normal du pli de Morcles, ainsi au col des Esserts.

Du côté de l'E, le pli couché de Morcles, qui s'abaisse rapidement, est recouvert par un second pli couché, celui des Diablerets, qui recouvre en même temps une lame préalpine de Néocomien à Céphalopodes. Un troisième pli couché

[1] M. Lugeon. Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 723-825.

Digitized by Google

s'amorce dans la série renversée de Néocomien et de Malm qui, près de Miet, se superpose au Nummulitique des Diablerets; il se suit par le Sanetsch et l'Oldenhorn et sa tête est représentée par la série renversée de grès de Taveyannaz, de Nummulitique, d'Urgonien et de Néocomien qui forme le Scex Rouge. Cette troisième nappe se retrouve au Wildhorn et à partir du Creux du Champ elle entre en contact avec les Préalpes sous lesquelles elle s'enfonce.

Dans les Préalpes du Chablais on distingue facilement deux nappes superposées : celle de la Brèche et celle des Préalpes médianes; celle-ci, très développée en avant de la précédente vers le N, où elle chevauche sur une zone imbriquée de Flysch, de Crétacique et de Malm, s'amincit sous la Brèche et du côté interne, jusqu'à être réduite à de simples lames ou même jusqu'à disparaître complètement. La zone imbriquée de Flysch avec écailles de Néocomien et de Malm, sur laquelle s'appuient au N les Préalpes médianes, doit d'après M. Lugeon s'écraser en profondeur au-dessous de celles-ci ; on pourrait ainsi expliquer son absence au Bouveret et à Saint-Gingolf en admettant simplement qu'elle a été enlevée par l'érosion avec les plis externes qui la recouvraient. Partout ailleurs, aux Voirons, dans la chaîne Pleïades-Niremont au Gurnigel, etc...., elle est bien développée.

Du côté S des Préalpes une zone analogue se suit depuis la montagne du Culet, les montagnes de Bex, le Chamossaire, la haute vallée de Lauenen jusqu'au Niesen, c'est la zone interne, dont les relations avec les Préalpes varient. Tandis que dans le Chablais les Préalpes médianes s'appuient au S sur la Mollasse rouge, elles reposent dans les Alpes bernoises (Spielgärten, Amselgrat, Gumfluh) sur la zone interne et le Flysch du Niesen. Au N du massif des Diablerets, la corniche des Préalpes subit une inflexion remarquable ; en même temps elle est partiellement recouverte par le Flysch de la zone interne qui paraît avoir été refoulé au-dessus d'elle lors de la poussée en avant de la nappe du Mont Gond et du Scex Rouge.

Après cet exposé général de la tectonique des Préalpes telle qu'il la conçoit, l'auteur réfute la théorie de l'éventail composé imbriqué émise par M. Haug en se basant sur les arguments suivants : 1° dans la zone bordière externe et en particulier dans les collines du Faucigny les lames sont étirées en profondeur jusqu'à leur disparition, il manque donc une branche à l'éventail ; 2° la discontinuité de la cor-

Digitized by Google

niche triasique qui regarde vers le S s'explique par la répercution sur les Préalpes des grandes nappes des Hautes-Alpes ; 3° le contact anormal des Préalpes médianes sur le Flysch est continu avec la seule exception du Mont d'Or et ne peut pas se comparer aux chevauchements de l'intérieur des Préalpes ; 4° il n'existe pas dans les Préalpes de véritables plis déjetés au S, et à ce propos M. Lugeon corrige plusieurs de ses profils (Tréveneuse, Savonnay, Culet).

Examinant ensuite les relations qui peuvent exister entre les diverses parties des Préalpes, l'auteur adopte l'hypothèse de M. Schardt d'après laquelle la zone externe serait formée par des paquets entraînés depuis la zone interne jusqu'à leur emplacement actuel par la nappe préalpine qui glissait sur leur dos.

L'absence d'une charnière anticlinale sur la bordure N n'est nullement un argument contre l'origine lointaine des Préalpes, tandis que le fait que partout leurs terrains reposent sur le Flysch, en particulier à Furche au S de la vallée du Giffre, s'explique naturellement par l'hypothèse du charriage d'une nappe chevauchée. A Taninge on peut voir la superposition des Préalpes médianes sur le Flysch et du Carbonifèrien du massif de la Brèche sur les Préalpes médianes ; un profil analogue existe sur le versant oriental de la Pointe d'Orchez ; entre Chatillon et Marignier c'est encore le Flysch qu'on trouve sous le Lias préalpin ; au Môle c'est la Mollasse rouge sur laquelle s'appuie la bordure des Préalpes. Il reste ainsi à peine la place pour une racine des Préalpes, en outre les relations qui existent dans la région de l'Arve entre les plis préalpins et haut-alpins peuvent difficilement s'expliquer si l'on n'admet pas que les premiers se continuaient au-dessus des seconds en une nappe dont la klippe des Annes est un reste. Enfin l'anticlinal de Vouvry qui, dans la vallée du Rhône, est très rapproché de l'axe des Préalpes et qui se suit par le Mont Chauffé et les montagnes de Vésin jusqu'à la vallée du Giffre, repose ici sur un substratum de Flysch.

Quant à la zone interne l'auteur considère les écailles de terrains secondaires qui s'y trouvent comme des têtes anticlinales enfoncées dans le Flysch et dont les racines se trouvaient au S de la chaîne du Wildstrubel. Cette manière de voir est basée sur le raccord établi entre les calcaires jurassiques du Räzliberg au fond de la vallée de la Simme et dans la zone interne et le jambage renversé d'un pli jurassique recouvrant le Nummulitique depuis les montagnes de

Digitized by Google

Sierre par le Mont Tubang, le Rohrbachstein et le Laufbodenhorn ; elle est confirmée par l'analogie que montrent soit le Jurassique supérieur, soit le Crétacique de la zone interne avec les formations correspondantes du versant S du massif du Wildstrubel.

Ainsi les Préalpes romandes peuvent être considérées comme constituées par la superposition de trois nappes : celle de la zone interne, celle des Préalpes médianes et celle de la Brèche.

Après cet exposé de la tectonique des Préalpes romandes, M. Lugeon passe à l'examen des klippes de Giswyl étudiées récemment par M. Hugi et discute les profils établis par cet auteur. A la Rossfluh, la charnière, que M. Hugi a considérée comme un synclinal couché de Hauptdolomit, est en réalité une tête anticlinale de Muschelkalk entourée de Hauptdolomit et appartenant à un pli couché vers le N. Au Jänzimatberg, sur le flanc N, du Flysch semble s'intercaler entre le Dogger et le Trias que M. Hugi considérait comme son substratum. En résumé, les observations de M. Lugeon l'ont amené à assimiler les klippes de Giswyl aux Préalpes en les faisant venir du S et non du N comme l'avait fait M. Hugi.

Pour comprendre maintenant les relations qui existent entre les Préalpes et les Hautes-Alpes, il faut se rappeler que, comme les travaux de MM. Bertrand, Ritter, Lugeon, Golliez, etc.' l'ont montré, il existe dans le domaine des Hautes-Alpes depuis la bordure septentrionale du massif du Mont Blanc jusqu'à celle du massif de l'Aar, de vastes plis couchés vers le N et empilés les uns sur les autres. M. Lugeon admet que ces plis se superposent de telle façon que chaque nappe s'amorce plus en arrière et s'étend plus en avant que la nappe sous-jacente, qu'elle recouvre ainsi complètement, de telle sorte que les nappes supérieures sont aussi les plus larges. En étendant cette conception aux nappes préalpines, il en vient à considérer celles-ci comme superposées aux nappes haut-alpines et ayant dû par suite s'amorcer plus au S et s'étendre plus au N. La seule qui ferait exception à cette règle serait celle de la Brèche qui n'a pas atteint le front N des Préalpes médianes. Cette tectonique ne peut avoir été créée que par l'effort tangentiel ; quant aux plis de moindre amplitude, qui ont été longtemps seuls constatés, soit dans les Préalpes, soit dans les Hautes-Alpes, ils représentent des ridements secondaires des nappes

Digitized by Google

en mouvement ; ils tendent toujours à se déverser vers le N et chevauchent souvent les uns sur les autres.

Cherchant ensuite à raccorder la tectonique des Alpes bernoises avec celle des Alpes glaronnaises, M. Lugeon développe l'hypothèse du grand pli unique couché vers le N émise par M. Bertrand. En l'absence de charnières anticlinales opposées, le principal argument en faveur de l'hypothèse du double pli soutenue par M. Heim consiste dans la présence du Malm normal au Mürtschenstock, dans les Churfirsten et au N du Klausen, tandis qu'il manque sur le flanc normal plus au S, entre la Sernifite et les schistes grisons. Or l'absence du Malm vers le S n'est pas générale ; cette formation existe dans le Calanda et dans la région de Coire où elle s'enfonce sous les schistes grisons ; de plus, là où le Malm manque, son absence peut s'expliquer, soit par une transgression stratigraphique des schistes grisons, si ceux-ci sont éocènes, comme quelques-uns l'admettent, soit par une transgression mécanique s'ils sont liasiques.

Dans les montagnes du Klœnthal on voit, reposant sur le Flysch, une nappe inférieure qui comprend la série normale complète du Verrucano au Nummulitique et qui plonge au NW. Dans la chaîne du Wiggis cette nappe est recouverte par une seconde, qui est formée de Crétacique et qu'on peut suivre jusqu'à la Friedlispitz. Le Flysch qui sépare ces deux nappes s'étend depuis le Deyenstock jusqu'à Næfels, et l'on peut admettre qu'il se raccorde en profondeur avec celui sur lequel s'appuie le Crétacique de la Friedlispitz et de Ober Urnen. Cette nappe de Wiggis n'est pas terminée au S par un anticlinal couché au S comme l'a admis M. Burckhardt ; elle se superpose à celle de Glaris absolument comme la nappe de la Brèche recouvre les Préalpes médianes. Elle est divisée en plusieurs digitations distinctes, empilées, terminées chacune vers le N par une charnière anticlinale bien nette et coupées chacune brusquement vers l'E par une vallée transversale. Une première digitation forme le Wiggis, une seconde le Ræderten et le Schienberg, une troisième le Fluhberg. Ainsi s'expliquent d'une façon toute différente les conditions tectoniques de la région que M. Burckhardt avait expliquées par l'hypothèse de plissements transversaux.

Vers l'W la structure de la nappe de Wiggis se simplifie et à l'Axenstein le pli du Fluhberg se superpose directement à la nappe inférieure de Glaris. Vers l'E cette même

Digitized by Google

nappe se continue par le Gross Farlen jusqu'aux Churfirsten et au Sentis qui ne sont pas autre chose que son front plusieurs fois digité. A l'W de la vallée de la Linth là nappe inférieure de Glaris ressort devant le front de la nappe de Wiggis et forme les plis de Wageten, de l'Auberg, de la Righi Hochfluh, du Pilate, de la Schrattenfluh et du Justithal jusqu'au lac de Thoune.

A l'E du Rhin le Fläscherberg, considéré par M. Lorenz comme un fragment orienté NE-SW d'un grand pli hémicirculaire reliant le pli N et le pli S glaronnais, est en réalité un lambeau de la nappe de Glaris qui s'enfonce ici sous les montagnes du Vorarlberg. Le front de cette nappe paraît se poursuivre fort loin vers l'E jusqu'au Schliersee au S de Munich dans des anticlinaux à faciès helvétique qui émergent du Flysch.

Le massif du Falkniss est constitué par une grande nappe superposée à la précédente et formée de terrains à faciès vindelicien ou chablaisien. Tandis que M. Lorenz admettait ici un grand pli hémicirculaire déversé sur le pli du Fläscherberg, soit vers le SW, M. Lugeon considère le Falkniss et les Kirchlispitzen comme appartenant à une nappe digitée dont la racine devait se trouver au S. C'est sur cette nappe du Falkniss que se superpose la nappe du Rhætikon, qui est constituée essentiellement de Trias. Or les masses triasiques du Rhætikon se raccordent d'une façon continue par la bordure orientale du Prættigau, par le fond des vallées de Plessur et de Parpan avec le Trias du massif d'Arosa ; cette nappe qui s'appuie partout sur les schistes grisons ne peut donc avoir sa racine qu'au SE. La nappe du Falkniss qui tectoniquement correspond aux Préalpes médianes, paraît avoir été laminée comme celles-ci dans sa partie méridionale, on n'en retrouve en effet plus de trace au S de la Drusenfluh.

Dans un chapitre consacré à l'étude de l'origine du Flysch, M. Lugeon expose que celui-ci était déjà formé avec sa composition actuelle avant d'avoir été entraîné vers le N par le charriage des Préalpes. Ainsi les bancs de conglomérats et de brèches intercalés dans ses dépôts sont antérieurs au charriage ; par contre, les blocs cristallins empâtés dans le Flysch supérieur doivent être considérés comme ayant été arrachés à la base de la nappe en mouvement et enfoncés dans le substratum tertiaire.

En ce qui concerne le contraste de faciès entre les Préalpes

Digitized by Google

et les Hautes-Alpes mis en avant par M. Schardt et par lui-même, contesté par M. Haug, l'auteur reconnaît qu'il y a dans le massif du Wildstrubel passage graduel du faciès haut-alpin au faciès de la zone interne, ce qui du reste n'est pas surprenant, puisque la racine de la zone interne et de la zone externe qui en est le prolongement se trouve précisément sur le versant S de la chaîne du Wildstrubel.

La racine des Préalpes médianes ne peut être cherchée qu'au S et elle doit probablement avoir existé dans la zone des amphibolites d'Ivrée, qui se prolonge vers l'E jusqu'au Pitz d'Err et où l'on peut voir de grands plis couchés dans les gneiss et les granites.

Ainsi il existe dans les Alpes deux grands systèmes de nappes : le premier, qui comprend les plis des Hautes-Alpes vaudoises et bernoises et des Alpes glaronnaises, s'amorce dans le voisinage des môles cristallins de la première zone alpine (massifs du Mont Blanc et du Finsteraarhorn) ; le second, qui comprend les nappes des Préalpes médianes et de la Brèche, devait s'amorcer au S des Alpes valaisannes, qui sont constituées par les grands plis couchés du gneiss d'Antigorio, du Monte Leone et du Mont Rose. L'ensemble des Alpes a donc subi un mouvement intense vers l'avant pays mollassique avec la seule exception des anciens massifs hercyniens de la première zone alpine. La cause première de ce mouvement doit être l'effort tangentiel qui a provoqué la formation puis la marche vers le N des nappes successives. Mais, pour expliquer le laminage des nappes inférieures, il faut admettre que celles-ci ont été entraînées par le mouvement des nappes supérieures et étirées jusqu'à se rompre entre leur racine et leur front. Les nappes qui ont dû se former les premières sont les plus internes, c'est-à-dire les nappes de la Brèche, des Préalpes médianes et des zones interne et externe ; puis sous ces plis supérieurs se sont développés ceux des Hautes-Alpes calcaires et des massifs gneissiques. Enfin un dernier effort a fait naître dans l'intérieur de ces nappes des plis secondaires ou du moins a exagéré des plis déjà existants.

M. Lugeon a eu la satisfaction de convertir à sa manière de voir M. E. Haug et M. A. Heim[1] qui a tenu à faire connaître son adhésion dans une lettre ouverte. Le savant professeur de Zurich reconnaît que l'interprétation donnée par

[1] A. Heim. Lettre ouverte à M. M. Lugeon. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 823-825.

Digitized by Google

M. Lugeon de la tectonique des Alpes glaronnaises permet d'expliquer plusieurs faits restés obscurs, ainsi : *a*) l'absence de racine à la masse jurassique de l'Urirothstock, du Kinsigpass et du Glärnisch ; *b*) l'absence d'une charnière S à l'anticlinal supposé s'appuyant sur l'Eocène de Sissikon-Pragel-Leistkamm ; *c*) la tectonique si compliquée du Glärnisch ; *d*) le fait que les formations crétaciques et tertiaires du Bifertenstock et du Calanda ressemblent plus à celles de la chaîne externe qu'à celles de la zone intermédiaire Titlis-Windgälle et le contraste marqué que présente le Crétacique de part et d'autre de la zone éocène Sissikon-Bättlis ; *e*) l'absence de tout indice d'un mouvement vers le S dans le Flysch sous-jacent au Verrucano ; *f*) la présence au S du lac de Wallenstadt d'un Lias très analogue aux schistes grisons, qui est beaucoup moins développé ou manque complètement entre la Windgälle, le Tödi et Vättis.

M. Heim ne fait à M. Lugeon que quelques observations de détail ; il pense en particulier que la chaîne de la Righi Hochfluh se rattache plutôt à l'anticlinal de Morschach qu'à la région crétacique au S de Fluelen.

M. Lugeon [1] a résumé son étude de la tectonique alpine devant la Société helvétique des sciences naturelles dans la session de 1902 à Genève et cette communication a été suivie d'une intéressante discussion entre son auteur et M. H. Schardt [2]. Celui-ci, après avoir fait observer qu'il est arrivé le premier à la conception de l'origine lointaine des Préalpes et de la relation qui devait exister entre les nappes préalpines et les plis couchés des Hautes-Alpes calcaires, déclare accepter sans réserve le mouvement général vers le N., tel que M. Lugeon l'admet pour l'ensemble des Alpes ; il considère depuis longtemps le pli glaronnais comme un pli simple venu du S et la chaîne des Churfirsten comme formée par une nappe supérieure à la nappe glaronnaise. Par contre il ne peut se rallier à la notion du système helminthoïde de plis superposés, tel que l'a décrit M. Lugeon ; les plis couchés des Hautes-Alpes ne se couvrent pas sur de grandes largeurs, mais s'amorcent l'un après l'autre obliquement à la

[1] M. Lugeon. Les grandes dislocations et la naissance des Alpes suisses. *Actes de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 141-153 et *Eclogæ*, vol. VII, p. 335-343. Voir aussi *Arch. Genève*, t. XIV, p. 461-463.

[2] H. Schardt. A propos de la conférence de M. Lugeon : « Les grandes dislocations et la naissance des Alpes suisses. » *C. R. des trav. 85e session de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 110-115. *Arch. Genève*, t. XIV, p. 483-488, et *Eclogæ*, vol. VII, p. 343-346.

Digitized by Google

direction générale de la chaîne et se relaient de façon que, à mesure qu'un nouveau pli prend plus d'amplitude, les plis inférieurs s'éteignent en profondeur. Ainsi le pli Wildstrubel-Wildhorn repose directement sur le cristallin sans aucune intercalation de pli sous-jacent.

M. Schardt ne croit pas d'autre part que la formation des plis couchés se soit faite à une grande profondeur ; il admet que les nappes préalpines se sont formées les premières, et que les plis haut-alpins en se formant et en se déplaçant ensuite au-dessous d'elles les ont arrachées de leur racine et poussées vers le N.

Répondant plus spécialement à l'objection de M. Schardt sur la formation des plis helminthoïdes, M. LUGEON[1] maintient que, au Balmhorn, le pli du Wildstrubel repose sur un autre pli et non sur le cristallin.

A propos de la note de M. Lugeon sur l'origine des vallées des Alpes occidentales que nous avons analysée l'an dernier, M. E. HAUG[2] fait remarquer que dés 1894 il admettait l'existence dans le massif des Diablerets d'un grand pli couché recouvrant sur une largeur importante le pli de Morcles et le relayant vers l'E. Or cette constatation, qui montre que les Hautes chaînes calcaires suisses sont le prolongement de la zone du Briançonnais, a été publiée à nouveau en 1901 par M. Lugeon sans que celui-ci cite le travail de M. Haug.

M. ED. GERBER[3] a entrepris l'étude de la **tectonique de la région du Kienthal** et a résumé ses observations dans une notice préliminaire. Il a établi un profil qui s'étend du SE au NW depuis le sommet du Büttlassen jusqu'à Kienthal, et qui montre la superposition sur le versant oriental de la vallée de deux complexes représentant deux unités tectoniques distinctes. A la base affleure du Malm, qui présente dans la chaîne du Büttlassen de beaux plissements secondaires et qui s'abaisse lentement vers le NW, de façon à affleurer au niveau de la vallée au pied du Golderenhorn. Sur

[1] M. LUGEON. Réponse à M. Schardt. *C. R. des trav. 85e session de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 115. *Arch. Genève*, t. XIV, p. 488, et *Eclogæ*, vol. VII, p. 346.

[2] E. HAUG. Sur le pli couché des Diablerets. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 596, 597.

[3] ED. GERBER. Vorläufige Mittheilung über das Eocän des Kienthales. *Eclogæ*, vol. VII, p. 301-304.

Digitized by Google

ce Malm se superposent : 1° des schistes de Berrias très réduits comme épaisseur ; 2° des grès de Taveyannaz ; 3° des grès quartzeux identiques aux grès nummulitiques du Bundsteg. C'est sur ce complexe basal que repose une sorte de grande nappe, plissée en quatre anticlinaux déjetés vers le N et qui se compose : 1° de Lias fossilifère à *Pentacrinus tuberculatus, Belem. Oppeli. Bel. Oosteri*, etc...., qui forme un important lambeau au-dessus des schistes de Berrias et des grès de Taveyannaz ; 2° de Dogger inférieur représenté par des grès ferrugineux ; 3° de Dogger supérieur (calcaire spathique à Belemmites) ; 4° d'Oxfordien (schistes et calcaires à Ammonites pyriteuses) ; 5° de Malm ; 6° de schistes berriasiens.

On peut expliquer cette tectonique ou bien par un chevauchement, ou bien par un grand pli couché ; la seconde hypothèse serait infirmée par le fait qu'on n'a pu découvrir aucune trace de flanc renversé ; elle paraît d'autre part vraisemblable, si l'on tient compte de la tectonique des régions correspondantes du Männlichen et du Doldenhorn. L'auteur se réserve de se prononcer sur cette question lorsque ses explorations dans le massif auront été poussées plus loin.

A l'occasion de la réunion de la Société géologique suisse à Genève M. Ch. Sarasin [1] avait préparé une excursion dans la région des **Hautes-Alpes calcaires de Savoie** et dans le massif des Annes et rédigé un programme sommaire avec une planche de profils. L'excursion n'a pu avoir lieu, mais M. Sarasin a fait devant la Société un court exposé de la stratigraphie et de la tectonique de la région qui a été publié ensuite dans les *Eclogæ* [2].

La vallée du Borne, qui coupe transversalement les chaînes calcaires de Saint-Pierre de Rumilly au synclinal du Reposoir, traverse successivement du NW au SE cinq anticlinaux, dont l'importance augmente vers le S et qui sont tous plus ou moins déjetés vers le N ; ce sont : 1° l'anticlinal de Dessy qui forme une voûte presque droite et peu élevée d'Urgonien ; 2° l'anticlinal d'Andey beaucoup plus important que le précédent et déjeté vers le N ; 3° l'anticlinal du Brezon, dont la voûte urgonienne est rompue et dont le flanc N

[1] Ch. Sarasin. Programme des excursions de la Société géologique suisse du 11 au 14 septembre 1902. *Eclogæ*, vol. VII, p. 311-318.

[2] Ch. Sarasin. Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis. *Eclogæ*, vol. VII, p. 321-333 et *Archives Genève*, t. XIV.

Digitized by Google

est localement renversé; 4° l'anticlinal des Rochers de Leschaux qui forme une belle voûte régulière d'Urgonien, séparée de l'anticlinal du Brezon par un synclinal peu profond de Gault, de Crétacique supérieur et de Flysch; 5° l'anticlinal déjeté des Vergys dont la voûte rompue montre l'Hauterivien et qui est bordé au N par le profond synclinal de Cenise, au S par le synclinal plus important encore du Reposoir et du Grand Bornand.

Dans l'axe de la vallée du Borne, entre Saint-Jean de Sixt et la Clusaz, le synclinal du Reposoir est divisé en deux par une voussure anticlinale d'Urgonien et de Nummulitique.

La chaîne des Aravis est une chaîne isoclinale formée de Jurassique moyen et supérieur, de Crétacique, de Nummulitique et de Flysch, le tout plongeant vers le N.

M. Sarasin a constaté vers l'extrémité orientale de l'anticlinal de Leschaux trois failles transversales avec affaissement chaque fois de la lèvre occidentale qui sont évidemment en relation avec l'abaissement brusque de l'axe du pli vers le NE. La chaîne des Vergys est également coupée près du Grand Bornand par plusieurs failles transversales.

Quant à la **klippe des Annes**, M. Sarasin a étudié plus spécialement les environs de la Touvière sur le versant N et les environs des Annes et de Maroly du côté S. A la Touvière il a observé la coupe suivante :

1° A la base des schistes marneux du Flysch plongeant au SE;

2° Une écaille de Crétacique supérieur laminé (même plongement);

3° Des grès et conglomérats éocènes (triasiques d'après Maillard);

4° Des argiles schisteuses probablement triasiques;

5° Des alternances de calcaires noirs et de lits marneux de l'Infralias.

La partie supérieure de cette série, qui plonge uniformément vers le SE, disparaît sous un éboulement, puis au-dessus affleurent en série normale les argiles rouges du Trias, le Rhétien et le Lias.

Sur le versant S de la chaîne d'Almet vers les chalets des Annes la série normale du Trias et du Lias repose avec un plongement au NW sur le Flysch renversé. Au col de Maroly et dans le vallon du même nom on peut voir le Trias d'Almet

Digitized by Google

chevaucher sur celui de la Pointe de Lachat; ce chevauchement contesté par M. Lugeon a été constaté d'une façon évidente par M. Sarasin sur les flancs de la chaîne d'Almet au-dessus des chalets de Maroly.

A propos de la communication de M. Sarasin, M. M. Lugeon[1] dit qu'il a constaté autour de la klippe des Annes de nombreuses écailles de Crétacique supérieur laminé analogue à celle de la Touvière; ce fait est un argument de plus en faveur de l'hypothèse d'après laquelle cette klippe est un lambeau détaché par l'érosion de la nappe des Préalpes. M. Lugeon considère qu'entre la klippe d'Almet et celle de Lachat il y a non un chevauchement mais une faille verticale coupant des couches presque horizontales.

M. G. Rœssinger[2], étudiant la géologie des environs de Territet avec M. S. Jenkins, a pu suivre sur une distance importante, soit de Bon-Port jusqu'en Raveyres à l'E de Caux le contact anormal du Lias inférieur de Glion avec le Toarcien de Montfleury. Il se demande s'il n'y a pas ici une surface de chevauchement, qui correspondrait à celle qu'on peut voir au pied du Cubly, c'est-à-dire au grand plan de glissement des Préalpes médianes. Il faudrait alors admettre que le Lias inférieur de Glion se raccorde avec celui de They près de Chillon par dessus le Dogger de la Veraye.

M. Schardt a rendu compte dans la revue pour 1901 d'un travail de lui-même et d'un autre dû à MM. G. Rœssinger et A. Bonnard, qui concernaient tous deux de nouveaux gisements de roches cristallines empâtées dans le Flysch sous la nappe de la brèche de la Hornfluh. A peu près en même temps que MM. Rœssinger et Schardt, M. Fr. Jaccard[3] a noté l'existence de gisements analogues situés sur les flancs du Rinderberg au S de Zweisimmen et formés par un gabbro hypoabyssique plus ou moins altéré. M. Jaccard a constaté d'autre part la présence, dans le Flysch à Regenmoos (SE de Boltigen) et en avant de la brèche, de roches siliceuses, qu'on retrouve alignées sur 2 km. 5 de longueur entre Garstatt et Zimmerboden.

[1] M. Lugeon. Observations à propos de la communication de M. Sarasin sur la région des Annes. *Eclogæ*, vol. VII, p. 333-334 et *Archives Genève*, vol. XIV, p. 480.

[2] G. Rœssinger. Recherches géologiques faites dans les environs de Territet. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 4 juin 1902 et *Archives Genève*, t. XIV, p. 312.

[3] Fr. Jaccard. Blocs exotiques de la Hornfluh. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 18 déc. 1901.

Digitized by Google

Jura.

Nous devons à M. TH. RITTENER[1] une monographie complète de la **région des Aiguilles de Baulmes, du Chasseron et de la Côte aux Fées,** complétée par de nombreux profils. Je reviendrai plus loin sur la partie stratigraphique de ce travail.

Au point de vue tectonique, l'auteur distingue les éléments suivants :

1° L'anticlinal du Mont des Verrières est une voûte régulière dont le cœur est formé de Séquanien. Sur les marnes à *Ter. humeralis* reposent les calcaires oolithiques du Séquanien supérieur, puis le Kimmeridgien et le Portlandien ; le jambage septentrional de ce pli se renverse du côté des Verrières par dessus le Néocomien.

2° Le synclinal de la Côte aux Fées est dissymétrique par suite du relèvement beaucoup plus rapide de son flanc SE ; il est formé dans les environs de Bolles par le Valangien et l'Hauterivien ; dans la direction de Buttes on voit l'Urgonien se superposer à l'Hauterivien. La bordure valangienne est beaucoup plus large et moins redressée sur le flanc NW qu'au SE.

3° L'anticlinal de la Vraconne-Longeaigue forme dans sa partie NE une voûte sensiblement droite ouverte jusqu'à l'Argovien ; mais dans la région de la Vraconne, par suite de l'élargissement brusque du synclinal de Noirvaux-Auberson, l'anticlinal s'élève rapidement, s'ouvre jusqu'au Callovien et se déjette vers le SE ; il s'est en outre rompu suivant trois failles transversales à décrochement horizontal, dont l'une passe au N de l'usine de Miguet et du Mont Buclard, la seconde se suit depuis le vallon de Noirvaux par le Parchet, l'extrémité du Mont de la Chèvre et les Rochettes, et la troisième passe un peu plus au SW.

4° Le synclinal de Noirvaux-Auberson, très étroit à ses deux extrémités, s'élargit dans la région de l'Auberson en un important bassin elliptique. Vers le SW, il forme la combe de Varnon, vers le NE il se continue par le vallon de Noirvaux, puis par le Grand et le Petit Suvagnier sur le flanc oriental du Val de Travers. Au centre le bassin de l'Au-

[1] TH. RITTENER. Etude géologique de la Côte aux Fées et des environs de Sainte-Croix et de Baulmes. *Mat. p. la carte géol. de la Suisse.* Nouvelle série, 13e livraison.

Digitized by Google

berson est formé essentiellement par le Crétacique et la Mollasse ; le village de l'Auberson est sur l'Hauterivien supérieur à la limite de l'Urgonien ; au S des maisons on peut discerner facilement la combe hauterivienne et la combe purbeckienne séparées par un crêt valangien. Entre l'Auberson et la Prise Périer l'Urgonien forme deux replis anticlinaux séparés par un synclinal de Gault et d'Aptien. La bordure crétacique du bassin vers le N a subi des dislocations importantes en relation avec les failles qui traversent l'anticlinal voisin. Ainsi près du Miguet une série renversée de Crétacique et de Portlandien plongeant vers le NW butte au NE contre un mur de Kimmeridgien et de Portlandien ; à l'E du Parchet un complexe plissé de Néocomien, d'Urgonien et d'Aptien butte au N contre le Malm décroché et renversé. Enfin la fracture qui traverse le Mont de la Chèvre a provoqué un décrochement bien visible de la zone infracrétacique. Du côté SE la bordure crétacique du bassin de l'Auberson est fortement redressée et même renversée par places ; de nombreuses complications de détail résultent évidemment de tassements et de glissements pléïstocènes.

Près de Noirvaux dessous et du Grand Suvagnier on peut voir l'Aquitanien formé de marnes rouges, de calcaire d'eau douce et de conglomérats s'appuyer directement en discordance sur le Portlandien du flanc occidental, tandis que du côté E il recouvre l'Hauterivien. Au-dessus du Grand Suvagnier affleure la Mollasse à *Ostrea crassissima*. Au Petit Suvagnier la Mollasse n'existe plus, puis, plus loin, vers le NE, le synclinal n'est plus marqué que par une zone de Portlandien encadrée à l'E et à l'W par le Kimmeridgien ; enfin, près de Buttes, il se confond avec le synclinal de la Côte aux Fées.

5° L'anticlinal Mont des Cerfs-Chasseron débute au SE par une voûte droite ouverte jusqu'au Séquanien ; il est ensuite divisé en deux crêts séparés par une combe anticlinale dans laquelle se montrent l'Argovien, le Spongitien, la marne de Furcil et la Dalle nacrée. En même temps le pli se déjette vers le SE ; au Mont des Cerfs le Kimmeridgien et le Portlandien du jambage NW sont verticaux ; près de la gare de Sainte-Croix le jambage SE est renversé.

Au N de la vallée de Sainte-Croix, la voûte argovienne se referme et le déjettement cesse ; puis, peu après, l'axe de la chaîne est de nouveau profondément entamé par le bassin de la Déneyriaz. Le Séquanien forme autour de cette dépression

Digitized by Google

une arête discontinue qui comprend la crête des Roches Blanches, le Mont de Mayaz, le Vy d'Amont, le Mont Cochet et la crête du Chasseron et des Petites Roches. Au N du Cochet l'anticlinal s'élargit et sa voûte se festonne de façon à former deux synclinaux secondaires de Séquanien et trois anticlinaux d'Argovien. La profonde coupure créée par le Déneyriaz est creusée dans l'Argovien, le Spongitien et le Dogger qui s'ouvre jusqu'au Bathonien. Le Dogger du jambage NW de l'anticlinal est renversé. Le sommet du Chasseron est en Kimmeridgien ; c'est là que se termine le repli synclinal du versant oriental, qui est bien marqué à la Grandsonnaz. L'arête des Roches Blanches est formée par le Séquanien et le Kimmeridgien du jambage NW qui plongent presque verticalement.

6° Le synclinal Jougnenaz-Colas est le prolongement du synclinal de Jougne en France ; depuis le col de sur la Tour jusqu'à Culliairy il est très resserré et se compose de Valangien et d'Hauterivien surmontés par des sables mollassiques. Avant Culliairy il se divise en deux branches, dont l'une va se perdre aux Grangettes Cuendet au-dessus de Sainte-Croix, dont l'autre suit le ravin de Colas et les Guerraz. Au Colas le Néocomien est presque vertical ; sous les Guerraz, on ne trouve plus que le Valangien inférieur et le Portlandien. A partir de là le synclinal, formé de Portlandien, s'élargit, se relève, et se bombe en son milieu en une voûte secondaire.

7° L'anticlinal des Aiguilles de Baulmes-Suchet est représenté par une belle voûte rompue, dont le cœur, constitué d'Argovien, de Bathonien et de Bajocien supérieur, dessine une combe profonde bordée à l'E et à l'W par les deux crêtes des Aiguilles de Baulmes et du Suchet. Cette voûte, presque régulière aux gorges de Covattannaz, se déverse fortement vers le SE au-dessus de Baulmes. La voûte séquanienne, rompue entre les Aiguilles de Baulmes et le Suchet, se ferme au N de Baulmes, puis, au N de Covattannaz, la voûte kimmeridgienne se ferme à son tour.

Le vallon anticlinal de la Baumine montre diverses dislocations secondaires dans le Dogger. Le Suchet est formé par la série du Malm plongeant au SE ; ici le déversement du pli n'existe plus et il paraît probable que la cluse de la Baumine correspond à une fracture qui sépare la région déversée de la voûte de celle qui ne l'est pas.

Dans sa partie SE l'anticlinal des Aiguilles de Baulmes

Digitized by Google

présente la complication suivante : les couches verticales de Séquanien et de Kimmeridgien du jambage NW cessent brusquement au-dessus de l'Aiguillon et disparaissent sous les éboulis. Dans leur prolongement, un peu plus bas, affleurent des sables, des marnes et des poudingues tertiaires appartenant au synclinal de la Jougnenaz ; d'autre part, on peut voir sur le flanc occidental des hauteurs de Grange Neuve le Bathonien du cœur de la voûte plongeant vers le NW en contact mécanique avec le Portlandien plongeant verticalement et supportant en concordance la série infracrétacique de Gascon. Ce n'est qu'au SE de ce point que le Kimmeridgien, puis le Séquanien, puis l'Argovien viennent s'intercaler successivement entre le Portlandien et le Dogger. Gascon est sur un synclinal d'Urgonien et de Néocomien qui se prolonge au NE jusque près d'Aiguillon et qui est séparé du synclinal de la Jougnenaz par une voussure de Malm. M. Rittener admet ici que les deux synclinaux de Gascon et de la Jougnenaz se confondent près d'Aiguillon et que le synclinal qui en résulte chevauche sur l'anticlinal des Aiguilles de Baulmes antérieurement rompu et ouvert jusqu'au Dogger. En outre les formations tertiaires sont en trangression évidente sur le Crétacique et le Malm.

8° Sur le flanc oriental du Suchet se développe à partir de la Mathoulaz un repli synclinal rempli par des calcaires oolithiques du Valangien, qui se continue par Six Fontaines et Baulmes jusqu'à Vuitteboeuf et Grandevent. Ce synclinal est supporté au SE par une nouvelle voûte de Portlandien et de Kimmeridgien qui paraît se prolonger dans les affleurements de Malm de Feurtilles. C'est contre le flanc de ce dernier anticlinal que s'appuie la série du Valangien, des marnes d'Hauterive qui dessinent une combe aquifère, de l'Hauterivien supérieur qui affleure aux Grands Crêts, et de l'Urgonien qui se perd au bas de la pente sous l'erratique.

La description tectonique de M. Rittener est rendue très claire par l'adjonction de nombreux profils et d'une excellente carte au 1 : 25 000.

M. L. Rollier [1] continue ses recherches sur le Jura bernois et nous lui devons cette année une **carte géologique au 1 : 25 000 des environs de Moûtier**, sur laquelle figurent outre le synclinal de Moûtier, ceux de Soulce et de Court et les

[1] L. Rollier. Carte tectonique des environs de Moûtier (Jura bernois) au 1 : 25 000, publiée par la Commission géologique suisse.

Digitized by Google

chaînes anticlinales de la Stalfluh, du Graitery, des Raimeux et de Vellerat.

La chaîne de la Stalfluh est une voûte droite formée de Jurassique et ouverte au N du Bettlachstock jusqu'au Lias moyen. L'anticlinal du Graitery, formé en grande partie par le Kimmeridgien, s'ouvre jusqu'au Bathonien au SE de Moûtier.

Dans la chaîne des Raimeux, l'axe anticlinal est marqué presque partout par le Bathonien, tandis que dans la cluse de Roche et ses environs affleurent le Lias et même le Keuper. L'anticlinal de Vellerat est également ouvert sur une grande partie de sa longueur jusqu'au Bathonien. Les synclinaux, assez uniformément développés, sont formés par le Malm supérieur, dans lequel se logent des zones discontinues de dépôts mollassiques. Tous les plis ont une direction WSW-ENE.

M. le professeur G. Steinmann[1], frappé du contraste qui existait entre la tectonique très simple des plis du Weissenstein et du Graitery et les phénomènes de recouvrement et de chevauchement admis par MM. Mühlberg, Greppin, Rollier, Rothpletz, pour expliquer l'origine des cluses qui traversent ces chaînes, a repris l'étude de cette région, dont il a acquis une conception toute nouvelle. D'après lui la région des cluses est traversée par deux systèmes de failles, dont les unes sont parallèles aux plis, tandis que les autres sont orientées à peu près NNE-SSW et se trouvent dans le prolongement des grandes fractures constatées par M. v. Hühne dans le Jura bâlois.

Pour les failles de la première catégorie c'est la lèvre N qui s'est affaissée, pour celles de la seconde c'est la lèvre W.

Les cluses de Mumliswyl et d'Œnsingen se trouvent toutes deux vers l'intersection de deux failles de deux systèmes différents, qui délimitent un angle ouvert vers le NW. Le triangle inclus ayant subi dans les deux cas un affaissement par rapport aux parties voisines de la chaîne, celle-ci s'est trouvée échancrée sur son versant N. Les quatres failles principales en relation avec la formation de ces deux cluses ont été déterminées par M. Steinmann comme suit :

1° La faille de Bereten se suit depuis la chaîne du Passwang par le versant occidental du Beretenkopf jusque sur le flanc N de la Roggenfluh ; là elle devient momentané-

[1] G. Steinmann. Zur Tektonik des nordschweizerischen Kettenjura. *Centralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1902, p. 481-488.

Digitized by Google

ment presque longitudinale pour reprendre près de la cluse d'Œnsingen une direction N-S; elle finit près d'Aussere Klus, à l'W d'Œnsingen, où elle se joint à angle droit à la suivante.

2° La faille de la Wannenfluh, après avoir été longitudinale, s'incurve à l'approche de la cluse de façon à prendre une direction E-W jusqu'à son intersection à Aussere Klus avec la précédente.

3° La faille de Mumliswyl coupe obliquement la chaîne Graitery-Breitenberg-Farisberg avec une direction NNE-SSW et passe à l'W du Farisberg.

4° La faille du Breitenberg, après avoir été longitudinale comme celle de la Wannenfluh, s'incurve vers le SE et se joint à la précédente par un angle aigu au N de Wolfgang.

Le caractère d'effondrements triangulaires des cluses de Mumliswyl et d'Œnsingen ressort tout d'abord du niveau du Hauptrogenstein, beaucoup plus bas dans les cluses que dans les parties voisines des chaînes; en outre, l'axe des chaînes est nettement incurvé vers le S dans le voisinage des cluses en même temps que les synclinaux qui bordent les chaînes au N s'élargissent (synclinaux de Balstal et de Mumliswyl). Les failles sont du reste rendues très nettes par places par des contacts anormaux, par des modifications brusques de plongement et par des flexures verticales.

Ces effondrements datent probablement de l'époque miopliocène, car la Mollasse recouvre le Malm dans les parties affaissées, tandis qu'elle a été enlevée par érosion sur les flancs des anticlinaux restés intacts. Ainsi les cluses de Mumliswyl et d'Œnsingen sont des coupures d'origine tectonique agrandies ensuite par le travail des eaux.

Dans son rapport sur l'excursion que la Société géologique suisse a faite en 1902 dans le Jura bâlois et argovien M. F. Mühlberg [1] a exposé d'une façon très claire le **chevauchement de la chaîne du Hauenstein** sur la bordure S du Jura tabulaire. Au S de Läufelfingen le Trias du Hauenstein, qui chevauche sur la Mollasse, n'est pas simple, mais forme sept écailles superposées. La Mollasse ainsi recouverte repose directement sur une surface corrodée de Jurassique supérieur.

[1] F. Mühlberg. Bericht über die Exkursionen der Schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Grenzgebiet zwischen dem Ketten und dem Tafel-Jura, in das aargauische Quartär und an die Lägern. *Eclogæ*, vol. VII, p. 153-199.

Digitized by Google

Un peu au N la chaîne du Homberg est formée par un anticlinal de Hauptrogenstein déjeté vers le N, dont la charnière chevauche sur les couches horizontales de la Mollasse.

Plus à l'E sur le flanc N de la Geissfluh vers Oltingen, le Hauptrogenstein plongeant au S chevauche sur la Mollasse horizontale, puis se replie de façon à former un anticlinal, dont le flanc S supporte les couches à *Rhynch. varians*, la partie inférieure du Malm et la Mollasse. C'est sur cette série normale que chevauchent des lames écrasées de Malm et de Dogger, puis le Muschelkalk replié plusieurs fois et brisé en écailles, qui supporte la succession complète du Keuper, du Lias et du Dogger de la Geissfluh.

La dernière partie du rapport est consacrée à la tectonique de la chaîne du Lägern que M. Mühlberg a décrite d'autre part dans une notice explicative de sa **carte géologique du Lägern au 1 : 25 000** [1].

La région figurée sur cette carte, qui correspond aux feuilles 37, 39, 40 et 42 de l'atlas Siegfried, se subdivise de la façon suivante : 1° la chaîne du Lägern ; 2° les environs d'Ober Endingen et la bordure du Jura tabulaire ; 3° le pays mollassique qui entoure le Lägern au N, à l'E et au S ; 4° les formations quaternaires.

La chaîne du Lägern est un anticlinal formé de Trias, de Jurassique et de Tertiaire, qui est déjeté vers le N et dont le flanc méridional chevauche par un pli-faille sur le flanc septentrional. Malgré la lacune considérable qui existe entre le Jurassique supérieur et le Bohnerz éocène il y a concordance absolue entre ces deux dépôts. L'axe de l'anticlinal s'abaisse fortement de l'W à l'E sur la rive gauche de la Limmat, ensuite il se relève faiblement vers l'E depuis la rivière jusqu'à Ober Ehrendingen, puis, après être resté horizontal jusqu'à la région de la Hochwacht il s'abaisse de nouveau rapidement vers l'E.

Considérée jusqu'ici comme un exemple typique de voûte normale, la chaîne du Lägern présente en réalité une tectonique beaucoup plus compliquée. Le flanc N de l'anticlinal est nettement renversé depuis le Geissberg jusqu'au-dessus de Sünikon. En outre, au N de ce jambage renversé, la

[1] F. Mühlberg. Geologische Karte der Lägernkette Maasstab 1 : 25 000. *Beitr. z. geol. Karte der Schweiz*, 1902.

F. Mühlberg. Erläuterungen zur geologischen Karte des Grenzgebietes zwischen Ketten- und Tafel-Jura 1. Theil Geologische Karte der Lägernkette und ihrer Umgebung. *Eclogæ*, vol. VII, p. 246-270.

Digitized by Google

Mollasse est couverte en discordance mécanique par de véritables klippes de Malm qui doivent être considérées comme des lambeaux du flanc N renversé, replissés et détachés subséquemment de leur amorce par l'érosion. C'est une de ces klippes qui forme la colline de Hertenstein. Au Sackhölzli c'est le Dogger du flanc S qui vient chevaucher sur la Mollasse et le Malm du flanc N ; dans les carrières d'Ober Ehrendingen ce sont les couches à *Rhynch. varians* et les couches de Birmensdorf du flanc S qui s'appuient en discordance sur les couches d'Effingen renversées du flanc N ; celui-ci est si laminé sur ce point que les couches d'Effingen sont presque en contact avec la Mollasse.

L'anticlinal du Lägern qui est coupé par l'Aar près de la Habsburg et par la Reuss à Schambelen, se poursuit vers l'E jusqu'à l'Eschenberg, à l'E de Dielsdorf, où la Mollasse dessine une voûte déjetée au N. Dans l'axe de la vallée de la Limmat une faille transversale, qui coupe le jambage N, a provoqué un décrochement très net. La crête du Lägern est formée sur toute sa longueur par le Séquanien du jambage S qui plonge vers le S et s'enfonce sous les dépôts plus récents du Malm et de la Mollasse. Le jambage N, qui est renversé sur presque toute sa longueur, ne donne lieu qu'à une saillie peu élevée et discontinue qui comprend le Flueli, le Geissberg, le Steinbuck, le Ries et le Buchhölzli. La voûte de Malm ne se ferme du reste pas à l'extrémité orientale de la chaîne, où les deux jambages restent bien distincts et il est possible que l'anticlinal ait été ici encore rompu par un chevauchement.

Sur le flanc S du Lägern la Mollasse dessine un synclinal, puis elle se relève en un anticlinal bien accusé, dont l'axe passe par Neuenhof et Würmlos et qui s'étale vers l'E.

Dans son angle NW, la carte de M. Mühlberg est traversée par la flexure importante qui suit le versant méridional du Jura tabulaire par Brugg et Endingen jusque dans le Jura souabe.

Plateau mollassique.

M. E. Renevier [1] vient de résumer les nombreuses observations qu'il a pu faire depuis une cinquantaine d'années sur la position de l'axe anticlinal de la Mollasse aux environs de Lausanne.

[1] E. Renevier. Axe anticlinal de la Mollasse. *Eclogæ*, vol. VII, p. 287 299.

Digitized by Google

Au N de la route Lausanne-Savigny le plateau est formé de Mollasse marine horizontale tandis qu'au S et à l'W affleure la Mollasse d'eau douce burdigalienne qui s'appuie au SE sur la Mollasse aquitanienne à lignites.

L'axe anticlinal a pu être observé aux points suivants :

1° Vers les carrières de Nialin au NW de Savigny dans la Mollasse marine.

2° Au Crêt-des-Côtes au NE du hameau de la Clef-aux-Moines, puis à partir de ce point le long de la route Savigny-Lausanne jusqu'au grand tournant vers Pré-des-Maules dans la Mollasse marine.

3° Dans le ravin de la Chandelard un peu au S de Rovéréaz dans la Mollasse langhienne.

4° A Chailly dans la Mollasse langhienne.

5° A Bellevue (E. de Lausanne) dans la Mollasse langhienne.

6° A Lucinge sur l'avenue de Rumine dans la Mollasse langhienne.

7° Dans la tranchée de la ligne de chemin de fer Lausanne-Vevey à 500 m. environ de la gare.

Plus au SE l'axe anticlinal n'a été constaté nulle part ; par contre le fait que la Mollasse langhienne plonge fortement au SE, soit sur l'emplacement de l'hôtel Beau-Rivage à Ouchy, soit au bord du lac vers Ouchy, montre que l'axe anticlinal doit passer au N de ces deux points. On le retrouve en Chablais sur le cours inférieur du Foron, entre Excuvilly et Sciex et de là il se poursuit jusqu'au Salève.

Entre l'axe anticlinal de la Mollasse et le bord des Préalpes on peut observer plusieurs lignes de dislocations parallèles. C'est d'abord une grande faille, qui est bien visible dans le ravin de la Paudèze au-dessus de Belmont. Puis plus au S-E, entre Corsy-Echerin et le château de Bochat, la Mollasse dessine une voûte régulière et peu accentuée. Enfin un anticlinal beaucoup plus accusé se marque à l'E du ravin de la Lutrive dans la tranchée du chemin de fer.

En résumé, l'axe anticlinal de la Mollasse représente la limite entre la région mollassique à couches horizontales et la région plissée subalpine ; il prend dans les environs de Lausanne la forme d'une simple flexure sans faille ; il est séparé des Préalpes par plusieurs anticlinaux vaguement parallèles.

Digitized by Google

IIe PARTIE — MINÉRALOGIE ET PÉTROGRAPHIE

Minéralogie.

M. le professeur H. BAUMHAUER[1] a fait, comme recteur de l'Université de Fribourg, une conférence dans laquelle il a exposé l'histoire de la cristallographie et les principes qui servent actuellement de base à cette science. Il a montré en particulier les déductions sur la constitution des cristaux qu'on peut tirer des caractères géométriques et optiques de ceux-ci, de leur fissilité, de la forme des figures de corrosion qu'ils montrent lorsqu'on attaque l'une ou l'autre de leurs faces avec un acide, etc....

Le même[2], en attaquant par l'acide fluorhydrique dilué des lamelles de clivage basales de **Lepidolithe**, a démontré que, comme pour la Zinnwaldite, il existe pour ce minéral deux variétés, qui se distinguent par la forme de leurs figures de corrosion et dont l'une a un grand angle des axes, tandis que l'autre en a un petit.

M. BAUMHAUER a d'autre part continué ses recherches sur les minéraux du Binnenthal. Il a étudié en particulier la **Seligmannite**, un nouveau minéral dont il a décrit à deux reprises divers cristaux provenant de la dolomie du Binnenthal. Dans une première note[3], il donne les caractères de cinq petits cristaux de Seligmannite, qui peuvent se résumer comme suit : ce minéral cristallise dans le système rhombique et présente une forme très voisine de celle de la Bournonite, avec le rapport des axes a : b : c = 0.92804 : 1 : 0.87568. L'auteur y a reconnu les faces suivantes : 3 pinacoïdes (100, 010, 001), 5 prismes (110, 210, 120, 130, 510), 2 domes (101, 011), 5 pyramides (111, 211, 112, 213, 431). Ces faces existent du reste toutes dans la Bournonite, sauf 510.

[1] H. BAUMHAUER. Ueber den Ursprung und die gegenseitigen Beziehungen der Krystallformen. *Rektoratsrede Universität Freiburg*, Nov. 1901.

[2] H. BAUMHAUER. Ueber den Krystallbau des Lepidoliths. *Eclogæ*, vol. VII, p. 354. Voir aussi *C. R. de la Soc. helv.*, 1902, p. 100 et *Archives Genève*, t. XIV, p. 473.

[3] H. BAUMHAUER. Ueber den Seligmannit, ein neues dem Bournonit homöomorphes Mineral, aus dem Dolomit des Binnenthales. *Sitzungsber. der preuss. Akad. der Wiss.*, Berlin, 1901, p. 110-117.

Digitized by Google

Plus tard M. BAUMHAUER [1] a découvert et décrit un nouveau cristal de **Seligmannite** qui, malgré ses petites dimensions ($^3/_4$ mm. sur $^1/_2$ mm.), est remarquablement bien formé et riche en faces. L'auteur y a déterminé 40 faces différentes qui se répartissent comme suit : 3 pinacoïdes, 5 prismes, 1 macrodome, 5 brachydomes, 7 pyramides. Le cristal est mâclé suivant (110) ; les formes prédominantes sont (100), (010), (110), (101), (011), (111), (112). L'analogie entre ce cristal et la Bournonite est particulièrement évidente.

Enfin, lors de la réunion de la Société géologique suisse à Genève, M. BAUMHAUER [2] a décrit une collection de minéraux provenant du Binnenthal qui a été acquise par le musée de Fribourg. Ce sont :

1° De gros cristaux de tourmaline noire récoltés entre Chervandone et le Fletschhorn.

2° Des tourmalines vert-clair et brunâtres en petits cristaux inclus dans la dolomie blanche du Lengenbach.

3° De belles titanites de l'Ofenhorn, vert-jaunâtre, et mâclées selon oP.

4° Des cristaux de Fuchsite.

5° Une quadruple mâcle d'Adulaire d'après la loi de Baveno.

6° Des cristaux extraordinairement riches en faces de Calcite.

7° Un cristal de Barytocelestine dont le rapport des axes a : b : c = 0.8132 : 1 : 1.3123 se rapproche beaucoup de celui de la Baryte, étant intermédiaire entre celui-ci et celui de la Célestine.

8° Différents Réalgars.

9° Une série de sulfarséniures parmi lesquels le Sklerokase, la Jordanite et la Binnite sont les plus fréquents, tandis que la Dufrenoysite et la Baumhauerite sont rares et que la Liveingite et la Seligmannite sont très rares.

Les Sulfarseniures divers inclus dans la dolomie du Binnenthal ont fait d'autre part l'objet de plusieurs études de la part de M. R.-H. SOLLY. Dans une première publication [3]

[1] H. BAUMHAUER. Ueber einen neuen flächenreichen Krystall von Seligmannit. *Ibid.* XXVIII, p. 611-614, 5 juin 1902.

[2] H. BAUMHAUER. Mineralien aus dem Binnenthal. *Eclogæ*, vol. VII, p. 351-353. Voir aussi *C. R. de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902 et *Archives Genève*, t. XIV, p. 470.

[3] R.-H. SOLLY. Bleisulfarsenite aus dem Binnenthal : 1 Jordanite, 2 Rathit. *Zeitschr. f. Krystallogr.*, 35, p. 321-344, 1901. Voir aussi R.-H. SOLLY, Sulfarsenites of Lead from the Binnenthal, Part II : Rathite. *Min. Magaz.*, 13, N° 59, p. 77-85. Londres, 1901.

Digitized by Google

cet auteur s'est occupé plus spécialement de la **Sartorite**, de la **Rathite** et de la **Jordanite**. L'analyse de ces trois minéraux lui a donné :

	Pb.	S.	As.
Sartorite	43.63	25.51	30.46
Rathite	51.85	23.72	23.86
Jordanite	68.72	18.31	12.39

En outre, un échantillon de Rathite renfermait des traces de fer et d'étain.

La Jordanite cristallise dans le système monoclinique avec le rapport des axes a : b : c = 0.4945 : 1 : 0.2655. L'auteur a déterminé 11 formes nouvelles qui, en s'ajoutant à celles déjà connues, portent à 137 le nombre total. Ces formes nouvelles sont : (340), (310), (510), (2.11.2), (292), (232), (1.17.$\bar{1}$) (1.14.$\bar{1}$), (1.13.$\bar{1}$), (25$\bar{2}$), (432). La Jordanite montre 4 mâcles différentes : suivant ($\bar{1}$01) avec des lamelles multiples, suivant la face (301), suivant la face (101) et suivant la face (301). La couleur est gris de plomb, souvent rougeâtre, verdâtre ou jaunâtre. Le clivage est très net suivant (010), moins marqué suivant ($\bar{1}$01). La densité varie entre 6.38 et 6.42. Les cristaux sont souvent intimément liés à des cristaux de Blende et très riches en inclusions de pyrite.

La Rathite cristallise dans le système rhombique avec a : b : c = 0.4782 : 1 : 0.5112, l'orientation des axes cristallographiques adoptée ici étant différente de celle admise précédemment par M. Baumhauer (a : b : c de Solly = a : c : b de Baumhauer). L'auteur a mesuré 25 cristaux provenant de la dolomie du Lengenbach et a déterminé 62 formes, dont 37 sont nouvelles ; ce sont : (100), (001), (101), (3.80.0), (1.18.0), (1.11.0), (1.10.0), (170), (3.16.0), (1.3.0), (250), (370), (470), (210), (410), (710), (810), (071), (051), (072), (031), (083), (095), (043), (011), (056), (131), (252), (3.11.3), (373), (353), (111), (313), (515), (211), (122), (132). La Rathite présente deux lois de mâcle, l'une selon (074) en lamelles fines et nombreuses, l'autre selon (0.15.1) sous forme de petits prismes accolés au cristal principal. La couleur est gris de plomb ou d'acier ; le clivage est très marqué selon (010), peu net suivant (100) ; la densité est de 5.41-5.42.

M. Solly [1] a décrit d'autre part un nouveau sulfarseniure

[1] R.-H. Solly. Sulfarsenites of Lead from the Binnenthal, Part III : Baumhauerite a new Mineral and Dufrenoysite. *Min. Magaz.*, 13, N° 60, 1902, p. 151-171. Voir aussi *Min. Soc. London, C. R. de la séance du 28 nov. 1902.*

Digitized by Google

de plomb, la **Baumhauerite** provenant de la dolomie du Lengenbach, dont il a pu mesurer d'assez grands cristaux. Il a étudié en même temps un individu de 8 grammes de **Binnite** et de beaux exemplaires de **Dufrenoysite**, couverts de petits cristaux de Seligmannite. Dix faces nouvelles ont été observées sur ce dernier minéral et le rapport des axes a été calculé à a : b : c = 0.92 332 : 1 : 0.87 338. M. Solly a enfin découvert un minéral probablement nouveau développé en petits cristaux sur un individu de Rathite du Lengenbach, qui ne possède ni axe ni plan de symétrie.

La série des sulfarseniures s'est enrichie encore d'un nouveau terme, la **Liveingite**, découvert dans le Binnenthal et décrit par MM. R.-H. Solly et H. Jackson [1]. Ce minéral, représenté du reste seulement par deux cristaux, offre une analogie évidente avec la Rathite et la Sartorite ; il est monoclinique avec $\beta = 89° 45\,1/2'$; ses cristaux sont mâclés suivant (100). L'analyse a donné la formule 4 PbS. 3 As_2 S_3.

M. W.-J. Lewis [2] a donné la description de nouveaux cristaux de **Mispickel et de Pyrite du Binnenthal** ainsi que de quelques exemplaires de quartz et de titanite de l'Ofenhorn.

Avec le Binnenthal le **massif de l'Aar** est une des régions classiques de la Suisse pour les minéralogistes. M. Joh. Kœnigsberger [3] a entrepris une étude monographique de tous les gisements minéraux inclus dans la protogine de cette chaîne. Il observe tout d'abord que les variations minéralogiques et chimiques que montre la protogine dans sa composition réagissent sur la nature des minéraux constituants des gites qui y sont inclus.

La protogine normale, développée dans la vallée de Gœschenen et à Wicki, est formée de quartz, de feldspath potassique du type microcline, d'oligoclase plus ou moins altéré et de biotite souvent en partie chloritisée. Au sommet du Nünistock (Mittagstock de la carte) elle est peu décomposée mais très cataclastique avec de gros cristaux d'oligoclase-andésine ; elle contient d'après les calculs de l'analyse chimique 35 % de quartz, 26 % de feldspath potassique (micro-

[1] Solly and Jackson. A new Mineral from the Binnenthal. *Proced. Cambridge Philos. Soc.*, 1901, 11, 239.

[2] W.-J. Lewis. Minerals from the Binnenthal. *Min. Soc. London, C. R. de la séance du 28 nov. 1902.*

[3] Joh. Kœnigsberger. Die Minerallagerstätten im Biotitprotogin des Aarmassifs. *N. Jahrb. für Min. Geol. u. Pal. Beilageb.*, XIV. p. 43-119, 1901.

Digitized by Google

cline et orthose), 20 % d'oligloclase, 4 % d'albite, 4 % de Phengite et 11 % de biotite. Au Sandbalmstock elle est peu cataclastique mais décomposée par la pression et la température élevée avec formation de Zoïsite. Ces divers types de roche appartiennent tous à une même variété de protogine caractérisée par leur teneur relativement forte en chaux, et qui prend une grande extension depuis l'Oberalpstock jusqu'au delà du glacier du Rhône.

A l'intérieur de ce massif de protogine normale on peut distinguer une zone étroite dirigée du SW au NE de Wicki au Schattiger Wichel, dans laquelle la protogine est beaucoup moins riche en plagioclases et en particulier en oligoclase. L'albite y est relativement plus abondante, presque toujours associée aux feldspaths potassiques ; parmi ceux-ci c'est tantôt l'orthose, tantôt le microcline qui prédomine.

Dans le voisinage des gites la protogine est toujours décomposée ; les biotites passent à l'état de chlorite, les plagioclases se caolinisent et il se forme une série de minéraux secondaires : chlorite, caolin, Sillimanite, épidote, quartz. Ensuite la chlorite disparaît à son tour, les plagioclases sont complètement décomposés et de l'albite secondaire se forme, les feldspaths potassiques se troublent et le quartz seul reste intact. Enfin au contact immédiat des principaux filons le quartz même a disparu et il ne reste plus que les feldspaths potassiques autour desquels a cristallisé de l'adulaire secondaire.

Les gites minéraux se ramènent tous à un type assez uniforme. Ce sont des cavités lenticulaires très aplaties orientées perpendiculairement au plan de schistosité et parallèlement à la ligne d'intersection de ce plan avec l'horizontale ; comme la schistosité est dans la règle à peu près verticale, ces cavités sont étalées dans un plan voisin de l'horizontale. L'on a affaire ici à des fissures se poursuivant souvent sur de très grandes longueurs, qui ont été agrandies localement et incrustées de minéraux cristallisés par les eaux d'infiltration. Chacun des gites débute vers la périphérie par une zone de quartz et de calcite avec de la fluorine (Quartzband).

Les gites étudiés par M. Kœnigsberger se répartissent de la façon suivante :

a) Un premier type très fréquent dans la protogine normale à biotite, en particulier dans les environs de Wasen et au N d'Urseren, est caractérisé par l'abondance de la calcite, par la coloration rouge de la fluorine, par la teinte

Digitized by Google

généralement foncée des quartz et par la rareté de la blende et des zéolithes qui n'apparaissent que dans les cavités les plus vastes.

Au pied du Vorder Feldschir s'alignent suivant une grande fissure horizontale plusieurs amas lenticulaires de minéraux qui peuvent atteindre 80 cm. de hauteur sur 200 m² de surface. A l'intérieur de la zone périphérique de quartz se développent de grands cristaux de quartz ayant jusqu'à 1 m. de longueur, sur lesquels sont fixées des fluorines en gros octaèdres aux arêtes émoussées et aux faces ternies. La galène forme de rares concrétions auxquelles s'associent des aiguilles de Cérussite. Tout l'intérieur de la poche est comblé par un sable chloriteux ; enfin de petits cristaux de Stilbite se développent fréquemment sur les quartz, les calcites et les fluorines.

C'est au même type qu'appartient un gîte ouvert au milieu d'une paroi de protogine près du Tiefengletscher et d'autres, plus petits, qui s'ouvrent entre le Mittler Feldschir et le Nünistock. Dans le premier, les concrétions de galène, du reste rares, sont couvertes d'une incrustation de Laumontite et de Wulfenite ; dans les seconds le sable qui remplit le milieu de l'ouverture est formé essentiellement par un mélange de chlorite rougeâtre du type de la leptochlorite et de chlorite verte ; l'apatite y forme de très petits cristaux clairs avec $(10\bar{1}0)$, $(11\bar{2}1)$, (0001), $(31\bar{4}1)$.

Au Galenstock on rencontre une variété de ce type, qui établit une transition aux gîtes qui existent à l'W de l'Aar et au S du Grimsel. Les quartz fumés contiennent ici de nombreux cristaux d'épidote ; d'autre part, la roche ambiante décomposée renferme de petits échantillons d'anathase bleue et de Brookite jaune.

Une autre variété de ce même type, qui se rapproche cette fois des gîtes inclus dans le gneiss d'Urseren, se trouve dans la partie inférieure du Gœschenerthal et dans les Schœllenen. La calcite, particulièrement abondante ici, se rencontre non seulement dans la zone périphérique de quartz, mais aussi dans l'intérieur, où elle enveloppe de ses grands cristaux rhomboédriques la fluorine. L'apatite est en quantité relativement grande. La grotte qui s'ouvre sur le flanc E du Sandbalmstock, ainsi que les gîtes mis au jour par les travaux du tunnel du Gothard et étudiés par M. Stapff appartiennent à cette variété. Dans le tunnel les quartz ne sont pas fumés, comme c'est généralement le cas dans les

Digitized by Google

gîtes profonds ; l'apophyllite y apparaît en petits cristaux bien formés.

Il faut classer dans une seconde catégorie les gîtes minéraux qui sont inclus dans la protogine au-dessus du glacier de l'Alpligen dans le Gœschenerthal, sur le flanc du Plattenstock, à la Riedmatt et au-dessus de la route du Grimsel près du point appelé Sommerloch. Ces gîtes se distinguent des précédents par la quantité beaucoup moindre de calcite et de sable chloriteux qu'ils renferment. La fluorine et les zéolithes sont très rares ici ou manquent complètement ; l'élément essentiel est le quartz en grands cristaux fumés ou blancs ; l'adulaire et l'apatite s'y rencontrent en petite quantité. A la Riedmatt l'épidote forme des zones concentriques d'inclusions dans les quartz et des incrustations sur ceux-ci.

Une troisième catégorie de filons comprend ceux dans lesquels la calcite, la chlorite rouge et la fluorine sont rares, tandis que l'adulaire et les zéolithes sont abondants, ainsi que l'épidote. L'hématite s'y trouve en général en petite quantité formant des rosettes sur les quartz ; la pyrite s'y rencontre sous forme de petits hexaèdres ; des gerbes de Stilbite s'y développent, soit sur les autres minéraux, soit sur la roche même. Des gîtes de cette nature se trouvent sur l'arête qui descend du Bächistock vers le Fellithal, dans le Fellithal supérieur, à la Fellilücke et dans le Rienthal. Des gîtes à caractères transitoires existent à la Haselgadenkehle, à la Gœscheneralp et à l'Aelpli dans le Fellithal.

Lorsque la protogine contient une certaine proportion d'amphibole le caractère des gîtes change ; les zéolithes (stilbite, skolésite, chabasite, heulandite) sont très abondants ; l'albite y forme en grand nombre de petits cristaux transparents ; l'hématite, l'apatite et la chlorite verte y sont rares. Tel est le caractère en particulier des gîtes de l'arête du Schattiger Wichel et du versant occidental du Val Strim supérieur.

Ce qui frappe dans tous les gîtes minéraux inclus dans la protogine du Gothard, c'est d'abord le fait que la roche ambiante n'est décomposée que dans le voisinage immédiat de la fissure, ensuite le fait que les minéraux y ont cristallisé dans un ordre bien déterminé : d'abord le quartz et l'adulaire, puis la calcite, puis les zéolithes. Il paraît donc vraisemblable que la cristallisation a eu pour cause le refroidissement du dissolvant et non son évaporation. D'autre part, les relations évidentes qui existent entre la nature de la roche et celle des gîtes inclus montrent que les éléments

Digitized by Google

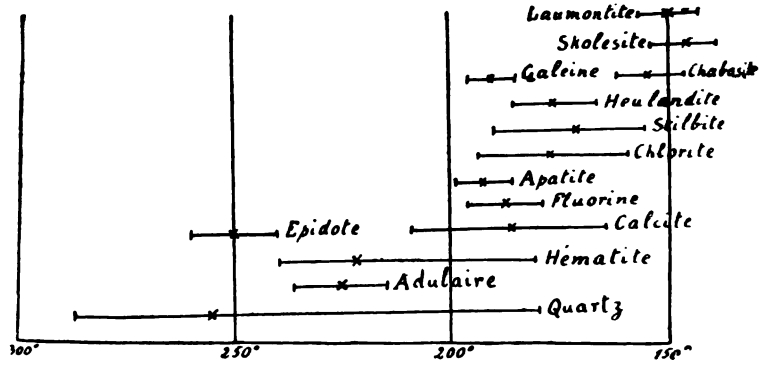
de ceux-ci ont été empruntés presque entièrement à celle-là. Le dissolvant a été sans aucun doute l'eau chargée d'oxygène et d'acide carbonique. La chlorite des gîtes provient de la décomposition de la biotite ; le quartz peut résulter en partie de la dissolution du quartz, en partie de la décomposition de la biotite et des feldspaths ; la calcite s'est formée au dépens de l'oligoclase, ce qui explique sa rareté dans les gîtes inclus dans une protogine pauvre en feldspaths calciques.

Il est probable que l'oligoclase attaqué par l'eau chaude et l'acide carbonique se décompose en zoïsite, caolin, sillimanite, mica, albite et quartz, si la quantité d'eau est faible ; si l'eau est au contraire abondante la zoïsite et les micas ne sont plus stables et il se forme, d'une part, de l'albite, de la calcite et du quartz, qui sont immédiatement dissous et entraînés, d'autre part du caolin et de la sillimanite. La présence de la fluorine dans les gîtes s'explique par la teneur appréciable en fluor de la protogine ; quant à l'apatite, elle peut provenir ou bien de l'apatite primaire de la roche, ou bien de la biotite décomposée qui contient du phosphore et du fluor. L'hématite a dû se former au dépens de la biotite ; l'adulaire résulte ou bien de la dissolution de l'orthose et du microcline, ou de la décomposition des plagioclases potassiques. Le plomb de la galène doit avoir été contenu dans les micas de la roche. Les zéolithes sont tous des zéolithes calciques et sont dûs probablement à la réaction d'une solution de carbonate d'alcalis sur des oliglocases frais à une température basse.

Quant au mode de formation des gîtes, l'auteur admet que, lors du plissement de la roche, l'eau d'imprégnation s'est accumulée dans certaines poches où, par le fait d'une pression intense, elle a acquis une température et une tension très élevée, qui lui ont permis d'attaquer la roche ambiante. L'effort orogénique une fois épuisé la température de l'eau s'est abaissée et la cristallisation a commencé entre 400° et 300° d'abord dans les parties étroites des fissures, parce que le refroidissement y était plus rapide ; dans les parties élargies, la température s'abaissant plus lentement, les cristaux se sont formés plus lentement, mais plus parfaitement.

La solution de laquelle se sont cristallisés les minéraux filoniens devait contenir : CO_2, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O. La paragénèse des minéraux cristallisés peut être figurée par le tableau suivant :

Digitized by Google



Du reste, la succession des minéraux filoniens dépend de la proportion dans laquelle les divers éléments sont contenus en solution dans l'eau ; le quartz peut cristalliser dans l'eau entre 300° et 160° ; si la cristallisation de l'adulaire est limitée ici, cela tient à la faible quantité de feldspath potassique primaire qui est attaqué. L'hématite et l'apatite ne cristallisent plus au-dessous de 180° ; l'épidote ne paraît plus se former au-dessous de 200° ; la chlorite est encore facilement soluble dans l'eau à 190°, elle se dépose entre 190° et 1 50°. Quant aux zéolithes ils cristallisent aux environs de 130°. La fluorine perd sa couleur rouge vers 175°, cette température correspond à la limite supérieure de la cristallisation. La calcite s'est formée entre 220° et 150°. La galène a cristallisé aux environs de 200°.

M. G. Bœris[1] a décrit divers cristaux d'**Anatase** (Octaédrite) découverts par M. Giov. Jori près du petit lac Scipsius sur le versant S du Saint-Gothard, au-dessus d'Airolo. Les cristaux allongés selon (001) atteignent 2 mm. ; ils ont une couleur jaune et un éclat comparable à celui du diamant. Les formes observées sont (111), (115), (117), (101), (107), (5.1.19), (001) ; (111) est fortement prédominant.

M. C. Schmidt[2] a pu étudier un nouveau cristal de **Scheelite** provenant de l'arête N du Mutsch (Etzlithal). Ce cristal, fixé par une face de la pyramide, a une longueur de

[1] G. Bœris. Octaedrite del Scipsius. *Atti. Soc. Ist. di sc. nat. di Milano*, 1901, 40, p. 339-344.

[2] C. Schmidt. Ueber einen zweiten Scheelitkrystall aus dem Maderanerthal. *Zeitschr. f. Krystal. u. Min.*, 1902, B. 36, p. 160.

Digitized by Google

3 cm. 5; il présente un clivage net suivant (111) et suivant (001). La forme dominante est (111), dont les arêtes sont tronquées par (101); les autres faces observées sont (102) et (131). Le rapport des axes est égal à 1 : 1.5356. L'analyse, faite par M. Hinden, a donné 19.45 CaO + 0.49 MoO_3 + 79.53 WoO_3, ce qui correspond à une combinaison de 99.32 % de $CaWoO_4$ et de 0.68 % de $CaMoO_4$.

M. L. Brugnatelli a eu entre les mains divers minéraux provenant de la Valteline. Dans une première note[1] il décrit des **olivines titanifères** qui forment des veines et des amas dans des blocs de roche serpentino-chloriteuse tombés du massif du Monte Braccia près de Sesia dans le Val Malenco. La découverte d'olivine titanifère dans les serpentines de Malenco, succédant à la découverte récente faite par M. Bœris du même minéral dans les Alpes piémontaises, semble indiquer qu'il est beaucoup plus répandu dans les Alpes qu'on ne le supposait.

Dans une seconde note, le même auteur[2] a donné les caractères de plusieurs cristaux de **beryll** provenant de la pegmatite de Sondalo (Valteline). Ces échantillons appartiennent à la variété commune bleu-verdâtre et peu transparente; ils sont partiellement décomposés et renferment de ce fait des inclusions abondantes de mouscovite et de caolin. Dans l'intérieur des grands individus se voient de petits cristaux du même minéral absolument purs d'inclusions.

D'après plusieurs mesures la valeur moyenne de indices de réfraction a été calculée à $\omega = 1.5823$ et $\varepsilon = 1.5762$.

La même pegmatite de Sondalo renferme une assez grande quantité de **zirkon** rouge-brunâtre, en petits cristaux brillants allongés selon (001), qui sont inclus dans tous les éléments de la roche y compris l'apatite. Celle-ci est toujours très abondante et ses cristaux peuvent atteindre jusqu'à 2 cm. de longueur; c'est une apatite fluorée typique avec les indices $\omega = 1.6379$ et $\varepsilon = 1.6349$.

Point de fusion des minéraux. — Nous devons à M. A. Brun[3] une série d'expériences fort intéressantes sur le point

[1] L. Brugnatelli. Ueber einen Fundort von Titanolivin im Val Malenco (Veltlin). *Zeitschr. f. Krystal. und Min.*, B. 36, p. 151, 1902.

[2] L. Brugnatelli. Beryll und andere Mineralien der Pegmatite von Sondalo im Veltlin. *Zeitschr. f. Krystal. u. Min.*, B. 36, p. 97-101, 1902.

[3] A. Brun. Etude sur le point de fusion des minéraux et sur les conséquences pétrographiques et synthétiques qui en résultent. *Archives Genève*, t. XIII, p. 352-375.

Digitized by Google

de fusion de certains minéraux. L'auteur a opéré suivant une méthode nouvelle qu'il décrit en détail et qui est basée sur les principes suivants : 1° il ne doit y avoir aucun contact direct entre le corps sur lequel on expérimente et le four ; 2° tout rayonnement extérieur doit être évité.

D'après les observations de M. Brun, les silicates basiques présentent un point de fusion très net, tandis que les silicates acides restent assez longtemps à l'état pâteux avant de couler. Si le point de fusion coïncide en général avec le point de destruction du réseau cristallin, cela n'est pas toujours le cas ; ainsi, la trémolite, qui est détruite à 1090°, ne fond qu'à 1270° ; les minéraux hydratés, ainsi que certains minéraux métamorphiques présentent la même particularité. La destruction du réseau cristallin se manifeste, tantôt par une opacité du cristal, tantôt par une fissuration, tantôt par une véritable pulvérisation.

M. Brun a pu déterminer pour soixante minéraux le point de fusion et le point de destruction du réseau cristallin, dont il donne la liste accompagnée de renseignements sur l'aspect de la masse fondue. Les résultats qu'il a obtenus peuvent servir soit à déterminer la température maximum d'une lave fondue d'après le point de fusion des minéraux de première consolidation qu'elle contient, soit à reconnaître l'ordre de consolidation des éléments constituants d'une même roche. A propos du second point il faut remarquer que les silicates basiques présentent une tendance marquée à cristalliser ; les spinelles magnésiens, le zircon, le fer chromé se forment déjà à 2000°, tandis que le péridot et l'anorthite ne cristallisent qu'à une température plus basse et que l'augite ne se forme qu'à 1230°. On peut dire que l'immense majorité des minéraux des laves basiques cristallisent entre 1900° et 1200°.

Dans les laves acides la tendance beaucoup plus faible des éléments à cristalliser détermine la formation d'une proportion beaucoup plus importante de verre et de structure sphérolithique. Partant de l'opinion admise que les ponces et les liparites sont des dérivés de l'obsidienne, dont elles se distinguent par le départ partiel de l'eau primitivement incluse dans le verre et qu'il y a relation entre le départ de l'eau et la cristallisation des sphérolithes, M. Brun a exposé pendant sept jours à une température de 700° à 750° un fragment d'obsidienne et a réussi de cette façon à le transformer en liparite. En se basant sur cette expérience, il admet que le processus de formation des roches acides doit se faire en deux temps : *a*) création sous pression d'un verre

Digitized by Google

hydraté, colloïde, capable de supporter sans se décomposer une température de 830° ; *b*) abaissement de la température et vers 800° réaction mutuelle des silicates acides contenant le groupe SiO_2H et de l'hydrate KOH. Si le magma d'obsidienne est soumis à une température supérieure à 830° il se transforme en ponce ; s'il se refroidit lentement entre 830° et 750 il y a départ d'eau, cristallisation d'autant plus accusée que l'abaissement de température est plus prolongé et formation de liparite ; si enfin le refroidissement est brusque, le magma se solidifie sous forme d'obsidienne.

Les mêmes principes permettent d'expliquer la présence d'inclusions liquides avec corps en solution dans les quartz des granits, l'apparence de deuxième consolidation des quartz qui moulent les cristaux de feldspath, et la présence dans les roches acides de micas fluorés. Ils concordent du reste avec les expériences de MM. Friedel et Sarasin et de M. Hautefeuille sur la cristallisation du quartz et de l'orthose.

Pétrographie.

Massifs centraux. — Nous devons à M. A. Baltzer [1] une courte notice concernant la **géologie du massif de l'Aar.** La première partie de cette étude est consacrée au dynamométamorphisme des formations sédimentaires et spécialement des calcaires. L'auteur a pu suivre la transformation par la compression du calcaire noir suprajurassique normal en une sorte de brèche, dont les éléments ont pris une teinte grise ou rougeâtre par l'oxydation des parties bitumineuses qu'ils contenaient et sont devenus finement cristallins ; le ciment de cette brèche est représenté par un réseau de veines argileuses rouges ou vertes, étirées, striées par friction et montrant tous les signes d'une pression intense. Ensuite la roche passe à la brèche à coloration intense de Grindelwald, de Seitenwängen, etc....

Lorsque le Malm est plus ou moins marneux et schisteux à l'état primaire, comme c'est le cas pour le niveau de Birmensdorf et souvent aussi pour le Tithonique, il se transforme par dynamométamorphisme en un marbre schisteux, coloré alternativement en jaune et en rouge et coupé par des plans tapissés de séricite tel qu'on peut en voir un bel exemple dans l'Urbachthal. Ce marbre est caractérisé par

[1] A. Baltzer. Nachlese zur Geologie des Aarmassivs. *Mittheil. der naturf. Gesells. Bern*, année 1901, p. 67-72.

Digitized by Google

l'abondance des mâcles à lamelles contournées ; il présente en outre un plissottement microscopique intense de toutes ses parties.

Le calcaire pur et compact peut, lorsqu'il est soumis à la pression, simplement modifier sa couleur, qui passe au gris ou au rose et finalement au blanc, et en même temps prendre une structure cristalline d'abord fine, puis de plus en plus grossière. Des exemples de marmorisation de cette sorte existent dans les parois de l'Eiger, au Dossenhorn, au Laubstock, au Plattenkopf. L'auteur réfute ici les arguments de ceux qui veulent voir dans la marmorisation des calcaires un effet de l'action des eaux d'infiltration.

Dans le même travail M. Baltzer décrit la zone de roches aplitiques qui borde la protogine du massif de l'Aar au Mieselen (glacier de Lauteraar).

Ces roches ont à peu près la même composition minéralogique que la protogine, dont elles se distinguent par une teneur plus faible en biotite et surtout par leur grain beaucoup plus fin. On peut les considérer comme des roches éruptives, subséquemment dynamométamorphisées ; leur contact avec le gneiss est nettement filonien, comme Escher et Studer l'ont du reste déjà reconnu.

M. R. Helbling [1] a consacré son travail de thèse à l'étude des **gîtes métallifères du Mont Chemin (Valais)** et de l'extrémité NE du massif du Mont Blanc. Les roches cristallines du Mont Chemin, tout à fait analogues à celles du Mont Catogne dont elles sont le prolongement, forment sur le versant oriental de la vallée de la Dranse une zone large encore de 6 kilomètres, qui de là se rétrécit rapidement vers l'E et finit par disparaître sous les alluvions du Rhône.

On y distingue du NW au SE :

1° Une zone de gneiss séricitique et chloriteux plongeant de 60° à 80° vers le SE.

2° Un banc de protogine qui recouvre les schistes.

3° Une nouvelle zone de gneiss séricitique reposant sur la protogine et traversée par de nombreux filons de quartz-porphyres, d'aplites et de granite-porphyres.

La protogine est énergiquement métamorphisée mécaniquement et chimiquement ; elle ne contient plus ni biotite, ni mica à éclat métallique (phengite d'après M. Schmidt) et est

[1] R. Helbling. Die Erzlagerstätten des Mont Chemin bei Martigny. Inaug. Diss., Basel, 1902.

Digitized by Google

par contre très riche en séricite et en chlorite, qui, localement, lui donne une teinte générale foncée. Le quartz y est relativement peu abondant ; les plagioclases sont presque complètement caolinisés ; les cataclases sont très développées ; l'épidote et la calcite sont abondants.

Vers le sommet du Mont Chemin la bande de protogine est divisée en deux par une zone de schistes cristallins dans lesquels s'intercalent des filons de quartz-porphyre, d'aplite et de protogine. L'on a évidemment affaire ici à des apophyses dérivant d'un noyau de protogine qui existe en profondeur. La route qui mène de Chemin à Vence fournit une fort belle coupe à travers ce complexe.

Les gneiss de la zone NW sont finement grenus et très schisteux ; ils se composent essentiellement de lits de chlorite et de séricite séparés par de minces couches de quartz et de feldspath caolinisé. L'injection téléfilonienne, étudiée par M. Duparc pour le massif du Mont Blanc, y est fort bien caractérisée. C'est du milieu de ces gneiss que pointe près du signal de Surfrête un banc de microgranulite toute semblable à celle du massif du Mont Blanc, qui renferme de nombreuses inclusions de schistes et qui forme avec le gneiss tantôt un contact franc, tantôt une transition graduelle.

Près de son contact avec la protogine, le gneiss est comme imprégné par un réseau de filons et de lentilles microgranulitique, qui paraissent être des apophyses de la roche granitique et se distinguent de la microgranulite de Surfrête seulement par leur grain plus fin et leur décomposition plus avancée. En même temps le gneiss s'enrichit en quartz et devient plus grossier ; par place il perd peu à peu sa structure schisteuse et passe graduellement à la protogine. C'est dans cette zone de contact que se trouvent les gisements de fer et de marbre du Couloir Collaud et de chez Large.

Les gneiss de la zone SE sont moins schisteux et plus riches en quartz ; ils sont traversés parallèlement à leur schistosité par d'innombrables filons de quartz-porphyre, dont l'un atteint presque 100 m. d'épaisseur, tandis que d'autres sont réduits à quelques centimètres. Ces porphyres, rendus parfois schisteux par la pression, sont des roches grises, compactes, avec de gros grains de quartz et de nombreuses paillettes de mica ; leur structure est tantôt granophyrique, tantôt microgranitique, tantôt microfelsitique. Outre les filons de quartz-porphyre la zone gneissique SE contient des filons d'aplite et de granite-porphyre et des lentilles de roches amphiboliques. Ces dernières prennent un

Digitized by Google

développement particulier près de la galerie de la Monnaie ; elles sont constituées par un mélange hypidiomorphe de feldspath et d'amphibole, dans lequel c'est tantôt l'un tantôt l'autre qui prédomine ; le feldspath est toujours très décomposé, tandis que l'amphibole est fraîche. Ces amphibolites peuvent être analoguées absolument avec les formations correspondantes des massifs du Mont Blanc et du Gothard.

Les gisements de fer du Mont Chemin se groupent autour de trois centres principaux situés dans la zone de contact des schistes de la bordure NW avec la protogine ; ce sont les gisements du Couloir Collaud, de chez Large et des Planches, qui ont tous trois été exploités à plusieurs reprises.

Dans le Couloir Collaud, près d'une ancienne galerie située à 1186 m., M. Helbling a relevé de l'W à l'E la coupe suivante, les couches plongeant de 80° au SE :

1° Gneiss séricitique.

2° Roche amphibolique compacte, pauvre en minerai (1 m.).

3° Roche amphibolique schisteuse (0m5).

4° Roche amphibolique compacte, traversée par un réseau de veines d'épidote, de stilpnomélane, de quartz et de calcite, très riche en magnétite en amas lenticulaires (1m5).

5° Gneiss séricitique.

Un peu plus bas un banc de marbre s'intercale dans les amphibolites et prend la place du minerai de fer ; puis, à l'altitude de 1059 m., apparaît un second banc de marbre et d'amphibolite à magnétite, dans lequel le calcaire marmoréen épais de 1m5 est intercalé entre deux zones amphiboliques et ferrifères.

Au-dessus de la galerie de 1186 m., le banc d'amphibolite augmente d'épaisseur, puis il s'y intercale des bandes de marbre qui, prenant toujours plus d'importance, finissent par le remplacer complètement. Il y a donc dans tout le Couloir Collaud une liaison intime entre les marbres et les amphibolites ferrifères.

L'ancienne mine de fer de chez Large se trouve dans le prolongement du Couloir Collaud au-dessus du village de Chemin et montre une disposition analogue. On peut reconnaître ici quatre bancs de marbre et trois zones d'amphibolite ferrifère, mais les affleurements très limités ne permettent pas de déterminer les relations entre calcaires et amphibolites. Quant à la mine des Planches, située plus

Digitized by Google

au NE, on y a exploité entre 1842 et 1855 un banc d'amphibolite ferrifère de 3 à 4 m. d'épaisseur sur 30 à 40 m. de longueur.

Les gneiss de la bordure SE contiennent à l'W de Vence une lentille de 40 à 60 cm. d'épaisseur d'une roche composée essentiellement d'augite, d'épidote et de hornblende et contenant une quantité importante de blende et de magnétite, qui a été exploitée également. Les schistes gneissiques sont eux-mêmes imprégnés par places de magnétite.

Le marbre des mines de fer est holocristallin, à grain moyen, schisteux ; il renferme toujours du quartz, qui forme par places des amas lenticulaires ; dans ses parties latérales il contient des lits minces de hornblende, d'idocrase et d'épidote qui, devenant toujours plus nombreux vers l'extérieur, établissent un passage graduel à l'amphibolite.

Les amphibolites magnétitiques sont des roches vert-foncé, à grain fin, contenant de 24 à 26 % de fer et formées essentiellement de hornblende (glaucophane) avec de l'épidote, du stilpnomélane, de l'apatite, de la magnétite et de la pyrite. Dans certaines parties la magnétite devient tout à fait prépondérante et forme jusqu'au 70 % de la roche.

L'auteur a fait une étude spéciale du stilpnomélane qui existe soit dans l'amphibolite compacte sous forme de fibrilles, soit dans les nombreuses cavités de la roche sous forme de prismes et de lamelles. Ce minéral, qui ne montre jamais de formes cristallographiques, possède un clivage très net suivant un plan ; son poids spécifique est de 2.7 à 2.8 ; il est brun et à peine translucide en sections très minces ; son pléochroïsme est très marqué et ses propriétés optiques rappellent celles de la biotite. L'analyse faite par M. Hinden a donné : SiO_2 45.80 %, Al_2O_3 8.59 %, Fe_2O_3 10.42 %, FeO 19.30 %, MgO 4.19 %, CaO 0.60 %, Na_2O 0.42 %, K_2O 2.38 %, H_2O 9.10 %.

Quant à l'origine des marbres et des amphibolites du Mont Chemin, l'hypothèse la plus probable est celle d'après laquelle ces formations feraient partie intégrante de la série cristallophyllienne dans laquelle elles sont incluses. La minéralisation peut être dûe à l'intrusion d'un magma éruptif, mais il n'est pas possible d'établir une liaison évidente entre elle et la venue de la protogine.

Outre les mines de fer, le Mont Chemin est connu aussi par ses mines de plomb. Sur le versant oriental de la Tête des Econduits entre Chemin et les Planches, dans la zone des schistes injectés qui sépare les deux bancs de protogine,

Digitized by Google

s'intercalent parallèlement à la schistosité de grandes lentilles de quartz, qui contiennent des veines assez importantes de galène et en quantité plus faible de la blende et de la malachite. D'autre part, l'ancienne mine des Trapistes dans la vallée de la Dranse appartient à la zone gneissique SE ; l'on a affaire ici à un filon de quartz, digité, qui traverse un gneiss séricitique parallèlement à la schistosité et qui contient de la galène associée à de la baryte. Un filon tout semblable se retrouve dans le prolongement exact de la mine sur le flanc N du Catogne ; du reste l'analogie de ces gîtes avec ceux du Goppenstein dans le Lötschenthal et de Steinberg dans la vallée de Lauterbrunnen est évidente.

Dans la **série cristallophyllienne des Aiguilles Rouges** s'intercalent des traînées parallèles et discontinues d'amphibolites et d'éclogites qui sont surtout bien développées autour du lac Cornu, entre la Flégère et Planpraz, au Col de Bérard et dans le voisinage du lac Noir. Ces roches basiques, incluses dans des micaschistes granulitisés, sont recoupées par places par des filons de granulite. C'est de l'ensemble de ces roches granulitiques et amphiboliques que M. E. Joukowsky [1] a fait une étude très intéressante. Il a décrit successivement les spécimens suivants :

1° Une granulite à grain fin sans élément noir. Cette roche est formée essentiellement de quartz, d'orthose en grandes plages microperthitiques et d'albite avec très peu d'oligiocase et de mouscovite et comme minéraux accessoires du zircon et du grenat. Elle présente la composition suivante : SiO_2 70.26 %, Al_2O_3 16.33, CaO 3.75, K_2O 4.18, Na_2O 5.95 avec des traces de fer et de magnésie.

2° Une granulite très riche en quartz avec une structure granulitique plus franche que la précédente.

3° Une granulite à amphibole. L'orthose est moins abondante que dans les types précédents et les plagioclases sont compris entre l'oligiocase et l'andésine ; l'amphibole (hornblende commune) est irrégulièrement répartie et fréquemment corrodée. La composition chimique est la suivante : SiO_2 66.98 %, Al_2O_3 14.92, Fe_2O_3 4.28, CaO 3.33, MgO 1.58, K_2O 3.87, Na_2O 6.12.

4° Une roche amphibolique et micacée. Cette roche formée de quartz en grandes plages de dernière consolidation, d'or-

[1] E. Joukowsky. Sur les éclogites des Aiguilles Rouges. *Archives*, t. XIV, p. 151-171 et 261-281.

Digitized by Google

those prédominant sur les plagioclases, d'albite et d'oligloclase, renferme de grands cristaux de hornblende et comme minéraux accessoires de la magnétite et du zircon. La teneur en silice est de 52.28 %, la chaux prédomine sur la magnésie et la soude est beaucoup plus abondante que la potasse.

5° Une amphibolite foncée. Le quartz forme des plages intrusives ou des filonets recoupant les autres minéraux ; les feldspaths, très décomposés, paraissent être compris entre l'oligoclase et l'andésine. L'amphibole (hornblende commune) est très abondante. La Seybertite et le chrysotile sont richement représentés ; la magnétite et le leucoxène constituent les éléments accessoires. L'analyse chimique a donné : SiO_2 46.09 %, Al_2O_3 17.86, Fe_2O_3 0.77, FeO 13.66, CaO 7.97, MgO 6.95, K_2O 0.68, Na_2O 4.71.

6° Un micaschiste à biotite rouge intercalé entre deux zones amphiboliques. La biotite n'a jamais de contours ; le quartz forme de grandes plages et des traînées de plages plus petites ; l'orthose, qui est associée au quartz, prédomine sur les plagioclases (albite-oligoclase). Les minéraux accessoires sont le grenat, la magnétite et le rutile. La composition chimique est la suivante : SiO_2 56.84, Al_2O_3, 22.16, Fe_2O_3 1.58, FeO, 4.44, CaO 3.08, MgO 3.47, K_2O 3.44, Na_2O 2.46.

7° Une éclogite constituée par une masse pyroxénique empâtant de gros cristaux de grenat. Le quartz forme des filonets ou des grains disséminés dans le pyroxène ; le feldspath est peu abondant et localisé autour des grenats ; le pyroxène paraît avoir été corrodé par le quartz et est constellé de points d'ouralitisation ; il doit rentrer dans le groupe du diopside quoiqu'il contienne un peu d'alumine (5 %). L'amphibole, moins abondante que le pyroxène, forme deux variétés, dont l'une paraît dériver du pyroxène, l'autre du grenat. Le grenat participe à la fois du grossulaire, du pyrope et de l'almandine ; il forme de gros grains entourés par une zone d'amphibole, de quartz et de feldspath.

8° Une éclogite riche en amphibole, relativement pauvre en pyroxène et en grenat. Le quartz forme des enchevêtrements pegmatoïdes avec le pyroxène ; le feldspath se rencontre en nombreux petits cristaux décomposés et indéterminables ; le grenat est partiellement décomposé en un aggrégat d'amphibole et de feldspath et le pyroxène est partiellement transformé en amphibole ; on peut donc admettre

Digitized by Google

que la masse était primitivement formée de grenat et de pyroxène, qui ont tous deux été décomposés en partie par suite probablement de l'intrusion de la granulite.

9° Une roche formée essentiellement d'amphibole et de grenat.

10° Une roche constituée par de grands cristaux de hornblende d'ouralitisation entourant des associations de hornblende, de feldspath et de quartz et traversée par des filons blancs de quartz et de feldspath.

11° Une roche amphibolique contenant peu de grenat et de pyroxène et coupée par de nombreux filons de quartz et de feldspath, qu'on peut considérer comme une éclogite ouralitisée.

12° Un micaschiste voisin du N° 6, mais avec des biotites plus grandes, qui se trouvait en contact avec l'amphibolite granatifère.

En examinant plus particulièrement les types basiques de cette série, on est frappé d'abord du fait que, malgré la basicité de la roche, les feldspaths sont toujours compris entre l'andésine et l'oligoclase ; or, comme ces feldspaths se trouvent fort souvent associés au quartz dans des filonets coupant la roche, il est justifié de les attribuer avec le quartz à un apport secondaire. D'autre part, tandis que les éclogites traversées par des filons exclusivement quartzeux n'ont pas subi de transformation, on constate un passage du pyroxène à l'amphibole dans toutes les éclogites affectées par une intrusion feldspathique. Dans le but d'éclaircir la question des relations qui pourraient exister entre la venue du feldspath et la formation de l'amphibole, M. Joukowsky a entrepris un patient triage du grenat, du pyroxène et de l'amphibole contenus dans une éclogite et a analysé séparément ces trois minéraux, ce qui lui a donné :

	Grenat.	Pyroxène.	Amphibole.
SiO_2	37.37	51.28	42.14
Al_2O_3	21.52	5.00	6.44
Fe_2O_3	—	2.95	14.93
FeO	28.32	9.58	13.31
CaO	7.85	19.17	11.88
MgO	5.37	11.93	10.05
K_2O	—	—	0.34
Na_2O	—	—	1.33
P. au F.	—	0.49	0.80
	100.43	100.40	101.20

Digitized by Google

Ainsi l'amphibole se distingue du pyroxène par la présence d'alcalis et par sa teneur plus forte en alumine. Ce fait vient appuyer l'hypothèse d'une ouralitisation provoquée par l'intrusion d'un magma feldspathique, qui est encore confirmée d'autre part par la présence dans le voisinage de la granulite de couches de passage ayant l'aspect de pegmatites à grands cristaux d'amphibole.

Alpes méridionales. — M. CHR. TARNUZZER[1] a étudié spécialement au point de vue technique le **gisement d'asbest de l'Alp Quadrato près de Poschiavo** (Grisons). L'asbest, associé à des roches serpentineuses, est inclus dans un complexe de gneiss, de schistes micacés, chloriteux et talqueux qui, au-dessous du Col de Canciano, s'intercale entre deux bandes de Trias. Les serpentines, qui atteignent une épaisseur de 500 à 700 m., s'étendent depuis l'Alp Quadrato vers l'E dans le massif compris entre le Val Quadrato et le Val Canciano et jusque vers Lanzada et le Val Malenco en Italie.

La serpentine et l'asbest ont fait l'objet d'une étude pétrographique de la part de M. BODMER-BEDER[1]. La serpentine présente des variations importantes; l'une de ses variétés, qui provient de l'exploitation N° 5 de l'Alp Quadrato, est une roche gris-verdâtre, de structure primitivement grenue, qui renferme de nombreuses intercalations d'asbest. Les minéraux primaires essentiels devaient être la bronzite, l'olivine et le diopside, mais la roche a été transformée en grande partie en une masse finement lamelleuse ou fibreuse, cataclastique par places, de serpentine-antigorite dérivée du pyroxène, de serpentine-chrysotile dérivée de l'olivine, de hornblende secondaire, de bastite, de pyroxène monoclinique secondaire dérivé probablement du pyroxène primaire et de magnétite.

L'asbest, intercalé dans la serpentine en lits tantôt minces, tantôt épais de 10 à 12 cm., a un éclat argenté ou bien une teinte qui varie du jaune-verdâtre au gris-brunâtre. Il forme des fibres qui peuvent avoir jusqu'à 60 cm. de longueur et est constitué essentiellement par un mélange de chrysotile et de bastite en cristaux orientés parallèlement; la trémolite en petites aiguilles y est peu abondante; du reste les quantités relatives de ces trois éléments varient suivant les régions de la roche serpentineuse.

[1] CHR. TARNUZZER. Die Asbestlager der Alp Quadrata bei Poschiavo. *Zeitschr. f. prakt. Geol.*, 1902, p. 217-223.

[2] A. BODMER-BEDER. Der Malencoserpentin und seine Asbeste auf Alp Quadrato bei Poschiavo. *Centralbl. f. Min. Geol. u. Pal.*, 1902, p. 488-492.

Digitized by Google

Aérolithes.

Le 30 novembre 1901, un aérolithe est tombé à Châtillens, dans la vallée de la Broye, et trois fragments en ont été retrouvés presque immédiatement par M. Décosterd, forestier cantonal. D'après les renseignements récoltés par M. M. Lugeon [1], nous savons que cet aérolithe, du poids total de 705 grammes, est un sporadosidère ; sa densité est de 3.20 ; les grains métalliques y sont nettement visibles à l'œil nu.

Ce météorite a d'abord été aperçu à l'Etivaz, puis au-dessus d'Ollon et dans la vallée de l'Eau froide, avec une direction EW, puis, arrivé au-dessus de Châtillens, il a éclaté une première fois ; sa direction était ici S-N ; il a continué sa marche vers Moudon où de nouveaux éclatements se produisirent vers Payerne et vers Avenches.

M. E. Cohen [2] a fait un nouvel examen du **météorite de Rafrüti** (Emmenthal). N'ayant pas pu me procurer la publication de M. Cohen, je me contente de la citer ici.

IIIe PARTIE — GÉOLOGIE DYNAMIQUE

Actions et agents externes.

Sources et eaux d'infiltration.

Chacun sait que les **venues d'eau excessivement abondantes dans le tronçon S du tunnel du Simplon** ont constitué une des grosses difficultés de l'entreprise. M. H. Schardt [3], qui a longuement étudié la question, a résumé ses observations dans une note communiquée à la Société vaudoise des sciences naturelles et plus spécialement dans un rapport adressé à la direction de l'entreprise [4].

[1] M. Lugeon. L'aérolithe de Châtillens. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 4 déc. 1901. Voir aussi *Le Globe*, organe de la Soc. géogr. de Genève, Bulletin, t. XLI, p. 36-38.

[2] E. Cohen. Das Meteoreisen von Rafrüti im Emmenthal. *Mittheil. des naturw. Vereins f. Neupommern und Rügen*, 34, 1902.

[3] H. Schardt. Résultats géologiques obtenus par le percement du tunnel du Simplon. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVI. C. R. de la séance du 19 fév. 1902.

[4] H. Schardt. Rapport sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. Imprimerie Corbaz, Lausanne, 1902.

Digitized by Google

De ces deux publications, nous extrayons les renseignements qui suivent :

Sur presque tout le parcours du tunnel à travers le gneiss d'Antigorio les venues d'eau ont été peu abondantes et en général éphémères malgré le caractère essentiellement perméable de la roche, qui est coupée par d'innombrables fissures capillaires. Ce n'est qu'à partir du kilom. 3.830 que des sources importantes ont commencé à jaillir du gneiss à 500 m. du contact entre celui-ci et les calcaires sous-jacents ; en outre, le fait que plusieurs d'entre elles sont chargées de sulfate de chaux montre que le niveau collecteur de ces eaux n'est pas le gneiss, mais la zone de calcaires qui affleure sur le flanc E du Teggiolo et qu'on retrouve dans le tunnel au kilom. 4.330 plongeant sous le gneiss.

La sortie des eaux s'est faite sur une longueur de 600 m. dont 100 seulement dans les calcaires ; la plus volumineuse des sources provient pourtant de ces derniers. L'on a compté 41 sorties d'eau distinctes dans chaque galerie ; leur température s'est abaissée graduellement, tombant de 28° qu'elle était pour les premières sources importantes au kilom. 3.824, à 13° pour les sources sorties au kilom. 4.4. Leur degré de dureté s'est montré très variable atteignant 72° dans une eau jaillissant au kilom. 4.425 et réduit à 12° dans une source du kilom. 4.068 ; d'une façon générale, les eaux sortant des calcaires sont plus dures que celles qui sortent du gneiss.

Toutes les sources ont subi un abaissement progressif de leur température et une augmentation de leur dureté ; la généralité du phénomène indique que les eaux qui se déversent dans le tunnel proviennent non pas de venues d'eau permanentes, mais d'une sorte de réservoir d'eau remplissant les fissures et les vides des calcaires. L'infiltration doit se produire sur les flancs du Teggiolo et dans la dépression de Vallé, où affleurent les schistes calcarifères et les calcaires cristallins. De là les eaux descendaient dans les calcaires, qu'elles imprégnaient ; le débordement de cette nappe souterraine devait se faire par les sources de Nembro sur la rive droite de la Cairasca à 700 m. au-dessus du niveau du tunnel. Ces sources qui, le 29 octobre 1901, avaient encore un débit de 6000 litres avaient complètement tari le 3 décembre suivant, pendant que celles voisines de la Prese de Gebbo n'avaient subi aucune modification. Tandis que les eaux de Nembro ne renferment pas de sulfate de chaux, celle de Gebbo sont au contraire gypsifères ; ce contraste, qui

Digitized by Google

se retrouve entre les diverses sources du tunnel, s'explique par le fait que les eaux d'infiltration doivent occuper un système de lacunes plus ou moins indépendantes ; c'est pour la même raison que certaines sources ont subi des modifications dans leur composition par suite de changements dans la circulation des eaux souterraines qui les alimentaient.

Les infiltrations considérables qui traversent les calcaires et le gneiss voisin ont naturellement provoqué un abaissement très marqué de la température de la roche qui, par place, est de 20° inférieure à la normale. Par contre l'eau se réchauffe à mesure qu'elle descend, elle devient moins dense et tend par ce fait à remonter. Ainsi s'est établie une circulation continue, qu'on peut comparer à celle qui se produirait dans un gigantesque thermosiphon, et qui a permis aux eaux souterraines de corroder énergiquement les calcaires qu'elles traversent.

Le rapport de M. Schardt est accompagné d'un profil à travers la partie méridionale de la chaîne du Simplon, rectifié d'après les observations faites dans le tunnel jusqu'en février 1902.

M. A. Rothpletz [1] a cherché à déterminer l'**origine des sources ferrugineuses de Saint-Moritz** et à expliquer en particulier leur teneur importante en carbonate de chaux qui étonne, étant donné que ces eaux sortent du granite.

Pour comprendre l'origine de ces sources il faut tenir compte de la tectonique compliquée de la région ; en effet, l'Engadine est traversée par le grand chevauchement du Rhæticon, qui a provoqué le recouvrement sur une vaste étendue des chaînes de l'W, par une nappe venue de l'E. La série autochthone dans cette région est formée par un complexe cristallophyllien de granite, de gneiss, de micaschistes, de marbres et de schistes métamorphiques anciens, sur lequel reposent en discordance les couches intensément disloquées du Verrucano de la Rötidolomit, du Lias et probablement du Flysch. C'est sur ces formations sédimentaires que vient chevaucher la nappe rhétique, formée de granite, de gneiss, de Sernifite et de Verrucano, le recouvrement se faisant suivant un plan peu incliné.

Après le chevauchement, un effondrement en graben s'est produit et il est probable que les zones de fracture qui déli-

[1] A. Rothpletz. Ueber den Ursprung der Thermalquellen von St-Moritz. *Sitzungsber. d. math. phys. Klasse der Kgl. bayr. Akad. der Wissens.*, B. XXXII, H. 2, S. 193-207, 1902.

Digitized by Google

mitent la partie affaissée sont devenues le siège de dégagements d'acide carbonique venant de la profondeur. L'eau des sources provient vraisemblablement de la zone sédimentaire autochthone recouverte par la nappe rhétique, et sa composition résulte tout naturellement de celle des éléments de cette zone et en particulier du Rötidolomit.

D'après une étude de M. H. SCHARDT[1], les **sources de la Noiraigue** doivent débiter la totalité des eaux du synclinal des Ponts ; leur point d'émergence est déterminé par une faille transversale, qui met en contact l'Argovien de la lèvre SW et le Séquanien de la lèvre NE ; il correspond au point le plus bas où les calcaires séquaniens affleurent dans la vallée.

D'autre part, M. A. DUBOIS[2] a coloré à deux reprises avec de la fluorescéine les eaux qui s'engouffrent dans l'entonnoir du Voisinage à 1 km. à l'W des Ponts et a attendu la coloration aux **sources de la Noiraigue**. Lors du premier essai effectué le 4 mai 1901 la coloration n'est apparue que huit jours et douze heures plus tard à Noiraigue ; lors du second essai effectué le 26 juillet 1901, au début d'une série de violents orages succédant à une période de sécheresse, le trajet souterrain n'a duré que six jours et douze heures. Dans les deux cas la coloration n'a reparu que très affaiblie.

COURS D'EAU.

Nous devons à M. J. BRUNHES[3] une étude d'ensemble sur la **genèse des marmites de géant** et sur le rôle joué par les tourbillons dans l'affouillement des eaux courantes.

Le point de départ de ce travail est un examen approfondi des cataractes ou plus exactement des rapides du Nil. Ceux-ci, occasionnés par la présence de barres transversales de roches granitiques et de grès durs, sont en effet attaqués par le fleuve d'une façon fort instructive. A la cataracte d'Assouan, le lit est semé de saillies arrondies qui, aux basses eaux, forment autant d'îlots et dont la surface très irrégu-

[1] H. SCHARDT. Conditions géologiques des sources de la Noiraigue. *Archives Genève*, t. XIII, p. 513, 514.

[2] A. DUBOIS. Deux essais de coloration de la Noiraigue à la fluorescéine. *Archives Genève*, t. XIII, p. 511-513.

[3] J. BRUNHES. Le travail des eaux courantes, la tactique des tourbillons. *Mém. de la Soc. frib. des sc. nat.* Géologie et géographie, t. II, p. 153-224.

Digitized by Google

lière est semée de multiples marmites de géant, en partie très profondes. Celles-ci présentent presque toutes le type de marmites inachevées avec un fond relevé au milieu en une saillie conique et une dépression annulaire périphérique; elles sont souvent éventrées latéralement ou décapitées ce qui en facilite l'étude. Le remplissage qui les comble en partie se compose essentiellement de sable fin et ne contient jamais aucune grosse pierre arrondie ou meulée. Ce fait paraît démontrer que ce n'est pas une meule, comme on l'admet généralement, mais que ce sont des graviers fins et des sables qui opèrent le creusement des marmites; les pierres, étant d'autant plus lourdes qu'elles sont plus volumineuses, ne peuvent plus à partir de certaines dimensions être mises en mouvement par les eaux, aussi, loin d'activer l'œuvre des tourbillons, elles la ralentissent et peuvent même l'arrêter complètement en s'accumulant sur le fond.

Passant ensuite aux vallons du versant N des Alpes, M. Brunhes examine successivement les gorges de l'Aar en amont de Meiringen, celles de la Tamina et celles du Trient. Dans les gorges de l'Aar, à travers la colline du Kirchet, dont M. Lugeon a montré récemment l'âge peu ancien et le caractère épigénétique, les traces de marmites de géant sont nombreuses en particulier dans la « grosse Enge et la Nasenenge »; certaines marmites ayant eu un diamètre plus grand que la largeur de la gorge, elles se marquent nettement sur les deux parois opposées. Lorsque plusieurs tourbillons à petit rayon ont été remplacés à un moment donné par un mouvement giratoire unique et plus ample, les marmites multiples et limitées du début se fusionnent en une seule; inversément on peut voir de grandes marmites dont le fond est creusé de plusieurs marmites plus petites. Enfin, autant qu'on peut en juger il semble que la plupart des marmites offraient le type achevé à fond concave. Les mêmes caractères s'observent dans les anciennes gorges abandonnées de la Finstere-Schlucht et de la Trockene-Schlucht. Ainsi partout ce sont les tourbillons créateurs de marmites qui ont été le facteur essentiel du creusement du lit du fleuve.

Les gorges de la Tamina se trouvent à 5 km. au S de Ragatz au milieu des grès du Flysch; ici encore on peut voir de nombreuses traces de marmites, dont plusieurs ont dû atteindre une très grande taille. Ces gorges, qui ont une origine identique à celles de l'Aar et qui correspondent

Digitized by Google

comme celles-ci à un tronçon épigénétique, ont par place des parois surplombantes, qui se rejoignent même en forme de voûte à la Naturbrücke entre Pfäffers et Valens. Par le fait de la nature du terrain encaissant moins favorable, les formes sont ici moins pures qu'au Kirchet ; on peut voir quelques exemples très réduits de cavernes, un phénomène qui prend un grand développement dans les gorges qui traversent des terrains fissurés.

Dans les gorges du Trient, creusées dans les schistes cristallins, les traces de marmites ne sont plus visibles que sur les parties inférieures des parois ; à partir de 5 ou 6 m. au-dessus du niveau de l'eau les formes primitives ont été rabottées par le glacier et toute la partie supérieure des parois a été démolie.

Le creusement de cette gorge remonte donc en grande partie à une époque antérieure à la dernière glaciation.

M. Brunhes décrit ensuite plusieurs gorges en voie de formation. Le Trümmelbach, qui descend des glaciers de l'Eiger et de la Jungfrau et qui se jette par une cascade dans la vallée de la Lutschine en amont de Lauterbrunnen, s'est creusé au-dessus de sa chute une gorge dans laquelle le travail des tourbillons est bien net ; l'eau y coule sur une sorte d'escalier avec des paliers séparés par des rapides ; chaque palier est en voie de recul et laisse devant lui un sillon étroit bordé par deux parois toutes marquées de vestiges de marmites. Le Dündenbach, affluent de la Kien, franchit, avant de se joindre à celle-ci, la haute falaise calcaire qui entoure la dépression de Tschingel et se creuse dans ces calcaires une gorge divisée aussi en paliers, entre lesquels les vestiges de marmites sont très abondants. Sur le bord d'un palier, duquel tombe une importante cascade, on peut voir, à côté des goulets par lesquels s'écoule la plus grande partie de l'eau, une grande cuve de 8 m. de diamètre et deux coupes plus petites, dans lesquelles s'engouffre et tourbillonne une partie du torrent. Ainsi en amont de sa chute l'eau non seulement creuse son lit et prépare le recul de la cascade, mais encore élabore sur le flanc de son lit principal une chaîne de marmites qui en se développant provoqueront l'élargissement du couloir. Du reste ce progressus de l'agrandissement du chenal par la création d'une chaîne latérale de marmites paraît être fréquent.

Si l'intervention des tourbillons dans le creusement des gorges de formation récente n'est pas plus souvent manifestée d'une façon évidente, cela tient d'abord à la nature de

Digitized by Google

certaines roches, qui sont trop peu cohérentes pour laisser aux marmites le temps de s'approfondir avant que leurs bords ne cèdent à la poussée de l'eau. Ensuite les formations tendres ou traversées par des diaclases se démolissent à mesure que le creusement s'effectue et ne peuvent donc pas conserver les formes imprimées par l'érosion tourbillonnaire. Mais si la nature du sol influe forcément sur le travail des eaux courantes, on peut admettre comme certain que le creusement dans les roches résistantes est effectué en grande partie par les tourbillons. Les chaînes de marmites se transforment en gorges étroites et profondes ; ensuite, par le fait de l'exhaussement des parois, celles-ci sont attaquées par les eaux de ruissellement, qui, en les démolissant, élargissent la partie supérieure de la gorge et y font disparaître les traces de marmites.

Il est deux cas cependant où le travail tourbillonnaire est presque nul, d'abord lorsque l'eau ne charrie pas de sable, l'outil essentiel de la formation des marmites, ensuite lorsque parmi les éléments charriés se trouve une proportion importante d'éléments grossiers qui, étant trop lourds pour être mis en mouvement par les tourbillons, encombrent les marmites et arrêtent leur approfondissement.

La constatation de l'intervention si puissante de l'érosion tourbillonnaire dans le creusement des gorges permet de laisser de côté l'hypothèse d'après laquelle ces gorges correspondraient à d'anciennes fentes élargies par l'érosion, hypothèse qui du reste s'est montrée insuffisante dans un grand nombre de cas.

M. Brunhes termine son travail par quelques considérations générales sur les vallées alpines et montre qu'aucune d'elles ne possède un profil d'équilibre régulier, mais que toutes se subdivisent en un certain nombre de tronçons, dont chacun possède un niveau de base indépendant déterminé par un obstacle. C'est à travers ces obstacles que s'opère encore actuellement le creusement de gorges étroites et profondes, qui s'approfondissent non d'une façon régulière, mais par saccades.

M. E. Chaix[1] a fait pendant ces dernières années et dans diverses vallées une série d'observations tendant à déterminer la valeur de l'**érosion postglaciaire.** Il a dans ce but cherché à fixer d'une part le niveau le plus bas jusqu'auquel

[1] E. Chaix. Erosion torrentielle postglaciaire dans quelques vallées. *Le Globe*, organe de la Soc. de géogr. de Genève, t. XLI, p. 1-12.

Digitized by Google

se voient des traces d'érosion glaciaire, d'autre part le niveau le plus élevé auquel se montrent des signes évidents d'érosion torrentielle récente. En déterminant ensuite les différences d'altitude qui séparent ces deux niveaux de celui du lit actuel du cours d'eau correspondant, il a obtenu une valeur maximum et une valeur minimum, entre lesquelles doit être comprise celle que comporte le creusement postglaciaire.

Près du pont des Houches dans la vallée de Chamonix une roche striée intacte se trouve à 8 m. seulement au-dessus de la rivière; le peu d'importance de l'érosion postglaciaire en cet endroit peut s'expliquer par l'intervention du torrent des Houches qui, en embarrassant de ses alluvions le lit du cours d'eau principal, a ralenti le travail de celui-ci.

Dans la vallée de Bagne, M. Chaix a étudié successivement tous les points où la configuration du sol permettait des observations. Au barrage de Lavintzie entre Lourtier et Fionnay il évalue à 6 m. au maximum la valeur de l'érosion potsglaciaire. Vers l'amont, au haut de la cascade de Fionnay, les stries glaciaires sont visibles jusqu'à 10 m. au-dessus du torrent. A 500 m. en amont de Fionnay, le contact entre l'érosion glaciaire et l'érosion torrentielle récente paraît être entre 13 et 18 m.; près de la Chermontane cette limite semble être entre 17 et 20 m. Enfin au-dessous du glacier de Breney il n'existe aucune trace nette d'érosion torrentielle à partir de 5 m. au-dessus du torrent et les stries glaciaires sont visibles jusqu'à 22 m. au-dessus du cours d'eau.

En résumé, M. Chaix n'a constaté nulle part un creusement postglaciaire qui pût dépasser 22 m. et conclut que l'approfondissement des grandes vallées doit avoir exigé un temps bien plus long qu'on ne l'admet en général.

M. P. Lory[1] a signalé à la Société géologique suisse un bel exemple d'épigénie glaciaire étudié par lui dans la partie moyenne du cours du Drac.

Je crois utile de résumer ici un travail paru il y a déjà plus de deux ans, qui ne s'applique pas spécialement à la géologie de notre pays et n'est pas dû à la plume d'un de nos compatriotes, mais qui présente un grand intérêt pour tous ceux qui s'intéressent à l'action des eaux torrentielles; je veux parler de l'étude faite par Mme G. Vallot et M. J.

[1] P. Lory. Epigénie glaciaire sur le cours moyen du Drac. *Eclogæ*, vol. VII, p. 299, 300, et *Archives Genève*, t. XIV, p. 469, 470.

Digitized by Google

VALLOT[1] sur la **vitesse de circulation de l'eau dans les torrents** et sous les glaciers.

Les expériences de Mme Vallot et de son collègue avaient pour but de fournir une comparaison entre la vitesse des torrents à l'air libre et des torrents sous-glaciaires. Elles ont établi tout d'abord que la vitesse d'écoulement des cours d'eau augmente avec la pente jusqu'à une inclinaison de 0.03, mais qu'au delà de cette proportion toute augmentation de pente, loin d'accroître la vitesse d'écoulement, la diminue. Ce fait inattendu s'explique du reste facilement, parce que les cours d'eau qui coulent sur des pentes supérieures à 0.03, circulent non plus sur des limons, mais sur de gros galets, ou même sur un amas de blocs d'autant plus volumineux que le caractère torrentiel est plus accentué. Plus la pente est forte, plus le lit est encombré, plus le retard subi par l'eau est grand, plus les contours et les remous sont abondants et plus par conséquent la vitesse d'écoulement est ralentie.

Les expériences sur la circulation des eaux sous-glaciaires ont été faites à l'aide de la fluorescéine. En colorant successivement les eaux du torrent du Queyzet sous la Mer de Glace et celles du Grand Moulin situé à environ 4 km. en amont, et en observant la sortie de la coloration aux sources de l'Arveyron, les auteurs ont pu comparer la circulation des eaux sous-glaciaires dans le tronçon inférieur de la Mer de Glace qui est à forte pente (410 m. de dénivellation pour 770 m. de distance horizontale) et dans un tronçon supérieur à inclinaison faible (430 m. de dénivellation pour 2900 m. de distance horizontale). Ces données comparatives leur ont permis d'établir d'abord que l'influence de la pente reste la même pour les torrents sous-glaciaires que pour les torrents à l'air libre, ensuite que les premiers ont une vitesse d'écoulement moindre que les seconds, la proportion étant égale à 1 : 1.8. Les chiffres obtenus par Mme Vallot correspondent du reste assez exactement à ceux que M. Forel avait donné à la suite de ses observations sur le glacier du Rhône. Le fait que la diminution de vitesse des torrents sous-glaciaires est en somme peu considérable démontre l'absence de bassins intérieurs ; elle semble indiquer d'autre part l'absence de toute moraine profonde, celle-ci devant, si elle existait, entraver beaucoup la circulation de l'eau. Il faut

[1] Mme G. VALLOT et J. VALLOT. Expériences sur la vitesse de circulation de l'eau dans les torrents et sous les glaciers. *Annales de l'Observatoire météor., phys. et glac. du Mont Blanc*, t. IV, 1900.

Digitized by Google

admettre en outre l'existence d'espaces libres entre le sous-sol et la glace, qui ne reposerait que sur les parties saillantes et laisserait les eaux circuler et affouiller dans les dépressions.

M. G. RITTER [1], le constructeur du barrage de Maigrauge près de Fribourg, a étudié les **phénomènes d'érosion et de transport opérés par la Sarine** dans la région des travaux. Il a décrit à nouveau les belles marmites de géant creusées dans le canal de décharge, qui avaient déjà attiré l'attention de M. Brunhes, et a distingué les marmites à fond saillant, les marmites à fond concave et les marmites en chapelet reliées les unes aux autres.

Les graviers charriés par la Sarine forment en amont du barrage une terrasse envahissante qui a déjà atteint le milieu du lac créé par les travaux et l'auteur évalue la quantité annuelle de ces apports à 11 000 ou 12 000 m³ par an.

L'eau de la nappe phréatique de la rivière est devenue peu à peu de plus en plus ferrugineuse par suite de l'extension du contact des eaux souterraines qui l'alimentent avec le conglomérat ferrugineux qui recouvre ici la Mollasse.

Nous devons à M. H. WALTHER [2] de Cassel une étude détaillée des **rapides du Rhin à Laufenbourg**. L'auteur, après avoir fait un levé topographique très précis du cours et des rives du fleuve sur ce point, examine la constitution géologique des terrains encaissants. Le lit est creusé dans un gneiss à biotite appartenant à la série cristallophyllienne de la Forêt-Noire, présentant une schistosité dirigée SW-NE avec un plongement de 40° à 60° vers le NW, et traversé par de nombreux filons de roches granitiques. Le Trias couvre en discordance le gneiss sur la rive gauche, tandis qu'il a été enlevé par l'érosion au N du fleuve. Le Deckenschotter forme au N de Laufenbourg une belle terrasse à une altitude de 480-485 m. avec une pente moyenne de 4.6 ‰; les alluvions des Hautes Terrasses ont 100 m. d'épaisseur et s'élèvent jusqu'à 380-385 m.; elles sont couvertes de Lœss qui dissimule les formes régulières de la terrasse; leur inclinaison moyenne est de 1.2 ‰. Les alluvions des Basses Terrasses prennent une extension horizontale

[1] G. RITTER. Considérations techniques géologiques et hydrologiques relatives au barrage de la Sarine à Fribourg. *Archives Genève*, t. XIV, p. 180.

[2] H. WALTHER. Ueber die Stromschnelle von Laufenburg. *Vierteljahrss. der naturf. Gesel.*, Zurich, 1902, 46. Jahrg., H. 3, S. 231-263.

Digitized by Google

considérable; elles sont épaisses d'environ 40 à 50 m. et leur surface est à 325 m., soit 30 m. au-dessus du niveau du Rhin; leur inclinaison est de 1.26 $^{0}/_{00}$, soit presque exactement la même que celle du fleuve actuel.

La forme particulière du lit du Rhin à Laufenbourg est sans aucun doute la conséquence d'un déplacement; avant le dépôt des Basses Terrasses le fleuve coulait plus au S et ce n'est qu'après que l'ancien lit avec tout le fond de la vallée eurent été comblés par le dépôt de ces 30 à 40 m. de graviers que le Rhin, s'établissant suivant son cours actuel, y a recreusé les alluvions qu'il venait de déposer, pour entamer ensuite le gneiss sous-jacent. Le lit ancien a pu être déterminé grâce à un forage fait en 1892 près de la gare de Gross Laufenbourg, qui a permis de constater sur ce point une tranchée dans le gneiss de plus de 33 m. de profondeur. Dans cette tranchée comblée par les alluvions, l'eau se maintient à un niveau constamment égal à celui du Rhin.

Ruissellement.

A propos des **lapiés du Jura français**, M. L. Rollier[1] fait remarquer en premier lieu que ceux-ci sont surtout développés dans les parties de la chaîne qui n'ont pas été couvertes par les glaciers et conclut de ce fait que l'origine du phénomène est dûe à une érosion pluviale.

Il décrit ensuite un type spécial de lapiés qu'il a observé dans la région d'Andelot, en particulier vers les carrières de cette localité. La surface du sol est formée ici par les couches presque horizontales du Cornbrasch (oolithe) et du Forest Marble (calcaire blanc) reposant sur l'oolithe miliaire à concrétions siliceuses. Or, les deux niveaux supérieurs sont découpés par un réseau très compliqué de rainures en une infinité de tables de forme irrégulièrement lobée. Les rainures ont une largeur variable pouvant atteindre 1 m.; elles entament généralement l'oolithe miliaire, mais sont en partie comblées par une terre brune avec des chailles siliceuses. Cette terre paraît résulter de la lévigation des formations oolithiques, du Callovien et peut-être de l'Oxfordien; les chailles ne sont pas autre chose que les concrétions de l'oolithe miliaire. En tout cas l'absence complète dans ces rainures des galets ordinaires de la moraine empêche d'assimiler ces remplissages aux formations glaciaires.

[1] L. Rollier. Les lapiés dans le Jura français. *Feuille des jeunes Nat.*, IVe série, 32e année, 1er fév. 1902.

Digitized by Google

Lacs.

MM. Brückner et Groll[1] ont déposé le 23 août 1901 une caisse métallique sur le fond du lac d'Œschinen, dans le but de déterminer la valeur de la sédimentation vaseuse. Ayant retiré cette caisse le 29 octobre de la même année, les auteurs y ont constaté une couche de vase humide de $1^{mm}5$ seulement. La quantité remarquablement faible de ce dépôt provient vraisemblablement du fait qu'une partie importante des boues apportées dans le lac par les torrents glaciaires est dissoute à mesure.

Nous devons à M. S. Blumer[2] une étude d'ensemble sur **l'origine des lacs glarennais** et sur leurs caractères topographiques et géologiques. L'auteur distingue les lacs compris dans les chaînes calcaires ou schisteuses et ceux qui sont creusés dans le Verrucano. Parmi les premiers il décrit en détails les suivants :

1° Le Thalsee et le lac de Spannegg sont compris dans une vallée sans écoulement qui suit le versant oriental du Mürtschenstock. Le premier occupe le fond d'une grande cuvette elliptique ; sa plus grande profondeur, qui ne dépasse pas $2^{m}8$, se trouve près de son bord occidental ; il est alimenté par des sources en partie sous-lacustres qui sortent des éboulis. Le bassin du lac est entièrement creusé dans le calcaire du Malm, et sa formation n'est certainement pas due à un barrage morainique, quoique vers le N on puisse observer soit de l'argile à blocaux, soit des stries glaciaires. L'origine doit s'expliquer par l'action dissolvante des eaux qui, en s'insinuant dans une fissure de la roche, ont d'abord élargi cette fissure en entonnoir, puis ont obturé le fond de la dépression ainsi formée par des dépôts de boue imperméables. Le Thalsee est donc un lac de Karst typique, quand bien même un glacier a probablement contribué à donner à l'ensemble de la vallée sa forme en cuvette et que le travail d'élargissement du bassin a dû se continuer sous le glacier.

Le lac de Spannegg (1458 m.) occupe le fond d'une sorte de terrasse concave, qui constitue l'étage supérieur de la même vallée. De forme elliptique, il a des bords plus inclinés

[1] E. Brückner. Bericht der Fluss-Kommission für 1901-1902. *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 219-221.

[2] S. Blumer. Zur Entstehung der glarnerischen Alpenseen. *Eclogæ*, vol. VII, p. 203-244.

Digitized by Google

que le Thalsee et atteint déjà à une petite distance de ses rives une profondeur de 3 à 4 m.; son fond est plat sur une grande étendue. L'alimentation se fait par le moyen de deux ruisseaux venant du S et de sources sous-lacustres; il n'y a pas d'écoulement superficiel. Ce petit lac est évidemment aussi un entonnoir de Karst en partie comblé par des dépôts argileux; sa formation doit avoir eu lieu, comme celle du Thalsee, en partie avant, en partie pendant la dernière glaciation, et l'on peut évaluer à 40 ou 50 m. la valeur totale du creusement opéré. L'auteur réfute ici soit l'explication de Mœsch, qui voit dans ces bassins deux cuvettes creusées par des chutes d'eau, soit celle de M. Rothpletz, qui leur attribue une origine tectonique en relation avec un soulèvement du Mürtschenstock.

2° Les lacs d'Oberblegi et de Guppen sont situés sur le flanc E du Glärnisch dans deux vallons longitudinaux creusés dans les argiles toarciennes et s'abaissant vers le S. Alimentés par les eaux de fusion des névés qui les dominent, ils n'ont pas d'écoulement superficiel, leurs eaux se perdant dans les fissures du Lias. L'origine absolument semblable de ces deux lacs s'explique comme suit:

Le flanc du Glärnisch est formé dans cette partie par les couches du Lias plongeant vers l'intérieur de la montagne; au niveau des lacs, par suite de la faible résistance des marnes toarciennes, s'est formée une terrasse d'érosion, qui s'est transformée bientôt en un vallon, dont les eaux s'écoulaient vers le S. L'érosion ayant finalement supprimé par places les marnes toarciennes, les eaux se sont engouffrées dans les fissures du Lias calcaire, qu'elles ont élargies en forme d'entonnoirs; puis les cavités cratériformes disposées sur un même réseau de fissures en s'agrandissant se sont confondues en une dépression unique. C'est alors que la région fut envahie par les névés, transformée en un véritable Kahr et couverte de dépôts morainiques qui, en bouchant les fissures, permirent la stagnation de l'eau dans les cuvettes précédemment formées. Les deux lacs en question ne sont donc qu'une modification des entonnoirs qu'on observe en grand nombre à la surface du Lias calcaire et qui alimentent les sources du flanc occidental de la vallée de la Linth.

3° Le lac de Mutten (2442 m.) est situé dans le Flysch entre le Ruchi et le Nüschenstock; à première vue on pourrait le prendre pour un lac de Kahr; en réalité il semble que la vallée dans laquelle il se trouve a été créée essentiellement par la désagrégation athmosphérique et par l'érosion torren-

Digitized by Google

tielle et que le bassin lacustre lui-même est dû à l'enfoncement du Flysch dans une caverne du calcaire nummulitique sous-jacent. Ce n'est qu'après la formation de cette cuvette d'effondrement que le glacier a envahi la vallée et l'a transformée en un Kahr. Le Muttensee possède un émissaire, mais celui-ci ne tarde pas à disparaître dans un entonnoir.

4° Le petit lac de Wildmaad, au sommet de la Kühbodenalp au-dessus d'Elm, est aussi un entonnoir formé dans le Flysch.

Dans le domaine du Verrucano, M. Blumer a étudié les lacs suivants :

5° Les trois lacs de Murg se succèdent dans la partie tout à fait supérieure de la vallée de même nom. Le lac supérieur (1825 m.), qui est le plus important, a 500 m. de côté et une profondeur maximum de 23 m.; ses bords sont abrupts partout sauf sur le bord oriental. Il est séparé du lac moyen par un seuil peu élevé de Verrucano, traversé par trois couloirs d'érosion, dont l'un sert encore de passage à l'émissaire; ce seuil est moutonné et strié par le glacier de telle façon qu'on peut admettre que son relief est antérieur à l'arrivée de ce dernier, dont la direction de marche devait être S-N.

Le lac moyen est de 10 m. plus bas que le précédent; son fond dessine une cuvette régulière avec une profondeur maximum de 13m5. Il est bordé au N par une moraine et entouré à l'E et au N par des roches moutonnées coupées de petites tranchées d'érosion dont l'orientation SW-NE est parallèle à la direction des couches. L'émissaire actuel coule au contraire directement vers l'E et se jette par une chute de 50 m. sur le palier suivant de la vallée.

C'est sur ce dernier que se trouve le lac inférieur (1673 m.). Celui-ci atteint sa plus grande profondeur dans sa partie SE (9 m.), dont les bords sont abrupts; une petite île en occupe à peu près le milieu. En aval les roches sont polies et striées et le seuil de la vallée est couvert de matériaux morainiques.

Les trois paliers correspondant aux trois lacs sont incontestablement trois tronçons longitudinaux orientés SW-NE, tandis qu'entre les lacs le torrent coule obliquement de l'W à l'E. Les tronçons intermédiaires entre les paliers, comme les paliers eux-mêmes doivent être antérieurs à la dernière glaciation. Nous avons en somme affaire ici à trois paliers de Kahr creusés chacun en une dépression peu profonde et

Digitized by Google

d'aspect récent. Tandis que le seuil du lac supérieur est formé exclusivement par la roche nue, ceux des deux autres lacs sont en partie couverts de moraines et il ne serait pas impossible que celles-ci eussent constitué une sorte de barrage. Pourtant l'auteur considère comme beaucoup plus probable que les bassins des deux lacs inférieurs sont aussi creusés dans le rocher ; il explique comme suit la genèse de la vallée avec sa forme actuelle :

Le principal creusement de la vallée est préglaciaire et est le fait de l'érosion torrentielle. Lors de la première glaciation la vallée a été complètement couverte, puis le glacier s'est retiré par étapes et son front a stationné sur diverses lignes. Chacune de celles-ci, ayant marqué pendant une durée plus ou moins longue la limite supérieure de l'érosion torrentielle, correspond à un abrupt séparant deux paliers superposés ; ainsi s'est formé une sorte d'escalier dont les marches sont inégalement hautes et larges, et le travail d'érosion s'est prolongé jusqu'au retour des glaciers. Lors de la dernière glaciation le fonds de la vallée a été moutonné et strié, et en même temps chaque palier a été creusé en cuvette, soit par suite de la convergence de plusieurs glaciers sur un même point et de l'exagération de la pression et de la friction en cet endroit, comme pour le lac supérieur et probablement le lac moyen, soit simplement par suite de la pente très forte de l'abrupt en amont comme pour le lac inférieur. Enfin, lors du retrait définitif du glacier, se sont déposées les moraines abondantes qui jonchent le fond de la vallée.

6° Le lac de Milchspüler occupe sur le flanc NW du Kärpf et à 2202 m. le fond d'une cuvette irrégulièrement circulaire près du haut de la vallée du Diesbach. C'est un lac de Kahr typique creusé dans le Verrucano, dont la surface est partout moutonnée. Du côté aval existent trois couloirs d'érosion, dont l'un sert encore au passage de l'émissaire, tandis que les deux autres sont obstrués par des moraines. Du même côté le fond du lac, très peu profond, est couvert de dépôts glaciaires.

Dans la même vallée, environ 200 m. plus bas, se trouvent les trois petits lacs d'Engi, qui ont été créés tous trois par des barrages morainiques ; le plus bas des trois, qui est aussi le plus profond, paraît pourtant être en partie creusé dans le rocher.

7° Le plateau de Sernifite de la Wildmaad, au NE du Kärpf, porte plusieurs petits lacs qui occupent des dépres-

Digitized by Google

sions formées évidemment sous le névé et non encore modifiées par l'érosion aqueuse.

Il résulte des observations qui précèdent que la formation des lacs étudiés par M. Blumer est en relation avec l'extension des glaciers ; mais, tandis que c'est l'eau qui a joué le rôle prépondérant dans la création des bassins lacustres des chaînes calcaires et que les glaciers n'y ont apporté que des modifications secondaires, ce sont au contraire les glaciers qui ont donné naissance aux cuvettes des lacs dans le Verrucano, soit en creusant la roche, soit en établissant des barrages de moraine.

Les lacs des chaînes calcaires sont situés en général sur des terrasses formées par l'érosion torrentielle attaquant des couches tendres ; leurs bassins ont commencé à se creuser lorsque les eaux, après avoir déblayé des formations marneuses, ont atteint les calcaires fissurés sous-jacents, dans lesquels elles se sont infiltrées. Formés pendant l'époque glaciaire les lacs alpins sont en voie de décroissance ; ils sont comblés peu à peu par les matériaux apportés par les eaux courantes et beaucoup d'entre eux ont déjà été transformés en des combes marécageuses. Ce comblement est en général d'autant plus avancé que les lacs étaient situés plus bas et qu'ils ont été par conséquent découverts plus tôt par le recul des névés.

Quant aux lacs glaronnais creusés dans le Verrucano, leurs bassins occupent toujours le fond d'une ancienne vallée, creusée à l'époque préglaciaire par les eaux courantes, élargie ensuite en U par les glaciers de la première glaciation, puis transformée en un Kahr étagé pendant le retrait interglaciaire. Lors de la dernière glaciation les paliers superposés du Kahr ont été au moins en partie creusés en forme de cuvette ; puis, pendant le retrait définitif, des moraines ont couvert par places le fond de la vallée, obturant souvent les canaux d'écoulement interglaciaires et modifiant le cours du torrent principal.

M. S. DE PERROT[1] a continué pendant l'année 1901 ses observations sur le **niveau des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat.** Le niveau du lac de Bienne a été à dix reprises et pendant trente-trois jours en tout plus haut que celui du lac de Neuchâtel et cinq fois pendant dix-huit jours en tout plus haut que celui du lac de Morat ; il a oscillé entre 428.68 et

[1] S. DE PERROT. Résumé des observations hydrométriques faites dans le canton de Neuchâtel en 1901. *Archives Genève*, t. XIV, p. 173.

Digitized by Google

431.14, avec une altitude moyenne de 429.43 m., soit 0.17 de plus qu'en 1900. Le niveau du lac de Neuchâtel a oscillé entre 428.88 et 430.92 avec une altitude moyenne de 429.69, soit 0.21 de plus qu'en 1900. Le niveau du lac de Morat a oscillé entre 428.99 et 431.07, avec une altitude moyenne de 429.80, soit 0.18 de plus qu'en 1900. Il y a donc une tendance au relèvement du niveau des trois lacs.

M. E. SARASIN[1] a exposé à l'occasion de la réunion de la Société helvétique des sciences naturelles à Genève l'histoire de la théorie des **mouvements ondulatoires des lacs** et les principes qui sont actuellement à la base des études limnimétriques.

GLACIERS ET NÉVÉS.

Variations des glaciers. — Les mesures faites en 1901 par MM. Held et Wild et collationnées par M. HAGENBACH-BISCHOFF[2] dans le rapport annuel de la commission des glaciers ont montré que le **glacier du Rhône** a subi de 1900 à 1901 une diminution normale ; son épaisseur est partout réduite et son front s'est retiré en moyenne de 15m5 découvrant un espace de 6760 m².

Le rapport que rédigent chaque année MM. F.-A. FOREL, M. LUGEON et E. MURET[3] sur les **variations des glaciers des Alpes suisses** se divise cette fois-ci en trois parties distinctes : un premier article dû à M. Forel traite de la durée de la période des glaciers, un second écrit par M. Lugeon concerne l'enneigement en 1901, enfin le troisième rédigé par MM. Lugeon et Muret comprend la chronique des glaciers pour la même année.

M. Forel, sceptique sur la réalité du cycle régulier avec une périodicité de trois crues par siècle admis par M. Brückner pour les variations des glaciers, a collationné toutes les données que l'on possède sur les crues et les décrues glaciaires dans les massifs du Pelvoux et du Mont Blanc, dans les Alpes valaisannes et bernoises, dans les Alpes autrichiennes et dans le Caucase. En considérant comme période la durée qui sépare entre eux deux maxima consécutifs, il a pu déterminer

[1] E. SARASIN. *L'histoire de la théorie des seiches.* Discours d'ouverture de la 85e session annuelle de la Soc. helv. des sc. nat., à Genève.

[2] HAGENBACH-BISCHOFF. Bericht der Gletscherkommission. *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 222-227.

[3] F.-A. FOREL, M. LUGEON et E. MURET. Les variations périodiques des glaciers des Alpes. *Annuaire du Club-Alpin suisse*, 38e année.

Digitized by Google

l'existence de 7 périodes ayant duré de 20 à 30 ans, 11 de 30 à 40 ans, 6 de 40 à 50 ans et 5 de 50 à 60 ans. La moyenne arithmétique de ces chiffres donne une durée de 39 années, un peu supérieure à celle admise par M. Brückner. Mais surtout les irrégularités d'allure très grandes que montrent les divers glaciers et les différences de durée considérables que présentent les périodes successives d'un même glacier excluent la possibilité d'un cycle régulier. Le fait seul que la majorité des glaciers alpins sont en décroissance continue depuis environ 50 ans est contraire à l'hypothèse de M. Brückner.

Grâce aux renseignements recueillis en 1901 par M. Lugeon, nous savons que dans les massifs de la Tour Sallière et du Balmhorn l'enneigement était alors nettement régressif. Au Gothard, où M. Kœnigsberger de Fribourg en Brisgau a fait de nombreuses observations, les petits glaciers et les névés inférieurs sont en recul manifeste, tandis que l'enneigement gagne dans les parties supérieures.

Quant à l'étude d'ensemble sur les variations des glaciers suisses en 1901, elle a porté sur 87 glaciers. Dans les Alpes valaisannes sur 32 glaciers observés, un seul, celui de Boveyre, est en crue certaine et encore cette crue accidentelle est-elle due à l'éboulement sur la surface du glacier de Boveyre d'une partie d'un des glaciers suspendus qui le dominent ; le glacier de Tzeudet présente une allure incertaine, 5 glaciers sont en décrue probable, tous les autres sont en décrue certaine. Dans les Alpes vaudoises, les 8 glaciers observés montrent une tendance à la décrue, mais si peu accentuée qu'on peut les considérer comme stationnaires. Dans les Alpes bernoises, sur 12 glaciers observés, 8 sont en décrue certaine ; les glaciers de Stein, de l'Eiger, d'Ober Grindelwald, de Tschingel, sont à peu près stationnaires. Dans le bassin de la Reuss, la décrue a été constatée d'une façon certaine pour les 7 glaciers observés. Dans le bassin de la Linth, les glaciers de Biferten et des Clarides sont en décroissance et dans le bassin du Rhin, 10 glaciers sur 12 sont en retrait bien marqué ; ceux du Pitz d'Err et du Paradies sont à peu près stationnaires. Dans les bassins de l'Inn, de l'Adda et du Tessin la décrue paraît être générale.

Les mêmes renseignements sont reproduits dans le rapport général de MM. S. Finsterwalder et E. Muret [1] sur les

[1] S. Finsterwald et E. Muret. Les variations périodiques des glaciers. VIIe Rapport pour 1901. *Archives Genève*, t. XIV, p. 282-302.

Digitized by Google

variations en 1901 des glaciers en général. Ce rapport nous montre en outre que la tendance à la décrue générale existe aussi dans les Alpes françaises, italiennes et autrichiennes, ainsi qu'au Caucase.

En se basant sur une aquarelle peinte en 1780 par C. Hackert et représentant le massif du Mont Blanc, M. F.-A. Forel[1] a pu établir qu'à cette époque les glaciers de ce massif présentaient un maximum d'extension ; le glacier d'Argentière descendait jusqu'à 50 m. de l'Arve et le glacier des Bois s'étendait jusque tout près des chalets du même nom.

C'est ici le lieu de rendre compte un peu tardivement des expériences fort instructives que M. J. Vallot[2] a poursuivies de 1891 à 1899 sur **les variations de niveau et la vitesse d'écoulement de la Mer de Glace.** Ce travail, basé sur une triangulation très précise des abords du glacier, peut en effet servir de modèle par le soin et la méthode avec lesquels ont été faites les nombreuses observations qu'il comporte.

La Mer de Glace se divise transversalement en deux parties très différentes : la veine blanche qui est formée en grande partie par le glacier du Géant et qui est caractérisée par la pureté de sa glace, et la veine noire qui se compose des glaciers des Périades, de Leschaux et de Talèfre et dont la surface est couverte de moraines abondantes. La veine blanche subit une ablation estivale double de celle de la veine noire ; d'autre part, si les variations de niveau se correspondent dans le temps d'une veine à l'autre, elles sont toujours plus marquées sur la veine blanche que sur la veine noire.

L'ablation estivale (du 1er juillet au 1er octobre), ainsi que les variations annuelles de niveau augmentent à mesure que l'altitude diminue. La fusion ne paraît du reste pas être affectée d'une façon appréciable par les agents météorologiques, la pluie fondant la glace aussi activement que le soleil.

La vitesse horizontale du glacier varie selon les points du profil longitudinal d'après la largeur, la profondeur et la pente du lit sur chaque point ; une augmentation de pente accélère la vitesse horizontale, mais dans une proportion

[1] F.-A. Forel. L'extension des glaciers du Mont Blanc en 1780. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII. C. R. de la séance du 8 janv. 1902.

[2] J. Vallot. Expériences sur la marche et les variations de la Mer de Glace. *Annales de l'Observatoire météor. phys. et glac. du Mont Blanc*, t. IV, 1900.

Digitized by Google

très faible ; par contre la composante verticale de la vitesse varie proportionnellement à la pente. L'influence des saisons sur la vitesse de marche est nulle ou en tout cas très faible ; par contre toute augmentation d'épaisseur cause une accélération proportionnelle de la vitesse.

Dans le profil transversal les différents points de la zone médiane marchent sur une grande largeur presque parallèlement et avec une vitesse sensiblement égale ; vers les bords la vitesse diminue rapidement jusqu'à devenir six fois moins rapide qu'au milieu ; en même temps les parties marginales divergent vers les bords d'autant plus que ceux-ci sont plus rapprochés. Ainsi la courbe d'avancement d'un profil transversal n'est pas une parabole comme on l'admet généralement. Le bombement du milieu du glacier résulte de l'affaissement des parties marginales causé par la fusion de la glace, d'autant plus forte relativement que la vitesse de ces parties est plus ralentie par rapport à celle du milieu.

M. Vallot, tout en considérant ses expériences sur la marche des glaciers en été et en hiver comme non encore absolument concluantes, montre pourtant que la constatation de l'influence minime exercée sur cette marche par les saisons doit faire tomber la théorie de l'intervention dans la progression des glaciers de l'infiltration et du regel de l'eau dans la glace, ainsi que toute autre hypothèse qui s'appuierait sur une action calorique quelconque pour expliquer le cheminement de la glace. D'autre part, le fait que la plus grande partie du glacier avance avec une vitesse approximativement égale, le ralentissement se produisant brusquement dans le voisinage immédiat du fond et des bords, ne permet pas d'assimiler le mouvement de la glace à celui d'un corps visqueux abandonné sur une pente, d'autant moins qu'aucune partie du glacier ne reste immobile, attachée au sol encaissant.

Après un excès d'humidité, se prolongeant sur plusieurs années et provoquant un gonflement des névés, les glaciers se renfleront à leur tour d'abord vers leur naissance, puis progressivement toujours plus près de leur front ; leur surface sera parcourue par une sorte de vague, qui atteindra leur extrémité d'autant plus tard que leur longueur sera plus grande. Mais l'observation a montré qu'il existe un autre type de vague, qui se propage de l'amont vers l'aval avec une rapidité très supérieure à la vitesse de marche du glacier ; sur la Mer de Glace ces vagues mettent cinq ans à parcourir une distance que la glace ne franchit qu'en vingt-cinq

Digitized by Google

ou trente ans. Ces oscillations proviennent très probablement de variations dans la poussée des parties postérieures sur les parties antérieures ; si l'épaisseur des névés augmente, ils pressent plus fortement sur les glaciers émissaires qui se renflent, et ce bombement se transmet de proche en proche à la façon d'une vague jusqu'à la région frontale.

On peut conclure de l'ensemble des observations de M. Vallot que la progression des glaciers est causée par le glissement de la masse sous l'action de la pente du lit aidée par la poussée des parties postérieures. Ainsi la pesanteur paraît être seule en jeu à l'exclusion de toute action calorique.

M. Ch. Rabot[1], dans une étude générale sur les variations des glaciers, distingue, comme l'a fait M. Forel, les variations primaires, qui ont un caractère général pour toute une région et dont la durée paraît dépasser cinquante ans, et les variations secondaires, qui affectent isolément certains glaciers et qui ont, soit une faible amplitude, soit une courte durée.

En se basant sur des données historiques, on peut admettre une crue primaire dans les Alpes à la fin du seizième siècle, suivie d'une décrue primaire pendant la première partie du dix-septième siècle. La crue admise par M. Richter entre 1630 et 1640 est loin d'être démontrée ; si elle s'est réellement produite, elle ne peut être qu'une crue secondaire. Une nouvelle crue primaire s'étend de 1660 à 1720. Vers 1740 une crue secondaire affecte certains glaciers, mais les deux premiers tiers du dix-huitième siècle semblent correspondre à une période de grand minimum. Ensuite de nombreux documents indiquent l'existence d'une crue de 1760 à 1780, qui a été suivie par une décrue probablement secondaire. Vers 1814, nouveau mouvement en avant primaire des glaciers, qui se poursuit jusque vers 1855-1860, avec une interruption momentanée entre 1830 et 1840 due à une décrue secondaire. Depuis 1855-1860, les glaciers subissent une décrue primaire qui dure encore et qui a été suspendue vers 1875 par un mouvement en sens contraire.

La grande crue qui a affecté les glaciers alpins de la fin du dix-huitième siècle jusque vers 1860 s'est manifestée clairement aussi dans le N, en particulier au Spitzberg et en Islande. Il s'est produit d'autre part un mouvement positif en

[1] Ch. Rabot. Essai de chronologie des variations glaciaires. *Archives Genève*, t. XIV, p. 133-150.

Digitized by Google

Islande et en Norwège pendant la première moitié du dix-huitième siècle. Enfin, à partir du début du dix-neuvième siècle une décrue primaire s'établit dans tout le N de l'Europe pour durer jusqu'à nos jours.

Ainsi on peut admettre pour les Alpes comme pour le N de l'Europe une variation primaire positive entre 1700 et 1855, suivie d'une variation négative qui dure encore ; ces variations ont commencé plus tôt dans le N que dans le centre de l'Europe. Il est facile de démontrer par l'étude des moraines correspondant à cette grande crue de la fin du dix-huitième siècle qu'elle correspond soit dans le N, soit dans les Alpes à la plus grande extension qu'aient prise les glaciers dans la période actuelle.

Avalanches. — A la suite de nouvelles observations dans le domaine de **l'avalanche du glacier de Rossboden** (Fletschhorn), M. H. SCHARDT[1] a reconnu d'une façon certaine que la chute de glace a été provoquée par la rupture de la roche sous-jacente ; la niche d'arrachement est très nette et les chutes de pierres se sont continuées longtemps après la catastrophe.

Ce qui frappe dans l'avalanche de Rossboden, c'est le faible volume de la masse initiale (environ 300 000 m³ de roche et 500 000 m³ de glace), par rapport à la masse totale qui a couvert le Sengboden et le vallon du Krummbach (environ 5 000 000 m³). Ainsi la plus grande partie de l'avalanche a été formée par de la neige et des moraines, qui couvraient le glacier inférieur de Rossboden et qui ont été entraînées par l'éboulement de roche et de glace tombé de plus haut.

L'avalanche s'est divisée par suite d'une courbe du glacier en deux parties, la principale suivant le glacier, l'autre débordant par dessus la moraine latérale du côté N et recouvrant le pâturage de Grieseren ; ces deux parties se sont réunies de nouveau au Sengboden. La gerbe latérale de Grieseren a été accompagnée d'un effet pneumatique puissant.

Structure rubannée. — M. H. HESS[2] a fait une série d'expériences en vue de rechercher s'il existe une relation entre

[1] H. SCHARDT. Sur l'avalanche du glacier de Rossboden. *C. R. des travaux présentés à la 85e session de la Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 90-94. Voir aussi *Archives Genève*, t. XIV, p. 470 et *Eclogæ*, vol. VII, p. 347.

[2] H. HESS. Ueber den Zusammenhang zwischen Schichtung und Bänderung der Gletscher. *Neues Jahrbuch für Min. Geol. und Pal.*, 1902, p. 23-34.

Digitized by Google

la stratification des névés et la structure rubannée des glaciers. En comprimant des tablettes de cire empilées et diversément colorées dans un moule percé d'une ouverture, il a obtenu une sorte de langue de cire, comparable par sa forme à un glacier et dans laquelle les couches correspondant aux tablettes primitives avaient pris la forme d'une cuiller avec des bords relevés en avant et sur les côtés. Cette disposition toute semblable à celle que prennent les rubans du glacier permet de supposer que ceux-ci ne sont pas autre chose que des strates primitives déformées par la pression. Cette manière de voir est du reste confirmée par le fait que, dans les cas de confluence de plusieurs glaciers, chacune des parties du glacier inférieur qui correspond à un des glaciers confluents possède une structure rubannée indépendante. Les exemples cités par Tyndall où les strates sont censées couper les rubans ne paraissent pas absolument probants et M. Hess croit que ce que Tyndall a pris pour des strates restées horizontales devait être en réalité d'anciennes crevasses fermées, puis couchées par le redressement de la glace ; dans ce cas il serait tout naturel que ces plans coupassent les rubans, c'est-à-dire des strates déformées.

L'auteur cherche ensuite à démontrer que la structure rubannée n'a rien à voir avec des mouvements relatifs des diverses parties du glacier ; si en effet cette disposition était en relation avec des inégalités de vitesse entre les diverses régions de la glace, chaque partie d'un glacier composé correspondant à un des glaciers confluents devrait se comporter d'une façon indépendante pour la courbe d'avancement comme pour la structure rubannée ; or l'on sait au contraire que la courbe d'avancement reste également régulière, qu'un glacier soit simple ou qu'il soit composé.

M. H. Crammer [1] est arrivé tout à fait indépendamment de M. Hess à considérer la structure rubannée comme le résultat du laminage des strates profondes du névé, les pressions qui agissent ici venant soit du poids de la neige superposée, soit des efforts qu'implique le mouvement en avant. Par contre, après avoir étudié les glaciers de l'Œtzthal, il s'est convaincu que les surfaces des strates jouent, contrairement à l'opinion de M. Hess, un rôle important dans le mouvement des glaciers, fonctionnant à l'occasion comme véritables plans de glissement. Ces surfaces sont en effet tou-

[1] H. Crammer. Ueber den Zusammenhang zwischen Schichtung und Blätterung und über die Bewegung der Gletscher. *Centralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1902, p. 103-107.

Digitized by Google

jours marquées par la présence plus ou moins abondante de poussières et autres matières étrangères qui empêchent les cristaux de glace de traverser d'une couche à l'autre ; elles représentent donc des zones de moindre résistance. Or, le mouvement des glaciers exigeant des déplacements relatifs de leurs différentes parties, ces déplacements devront logiquement se faire suivant les plans de moindre cohésion, c'est-à-dire les surfaces de strates.

M. Hess [1], reprenant dans une seconde note l'étude de la structure rubannée, explique que, si celle-ci est en général particulièrement visible au bas des cataractes de glacier, cela vient du fait que, l'ablation augmentant rapidement avec la diminution d'altitude, la surface du glacier coupe avec un angle toujours plus grand le plan de stratification de celui-ci et que par conséquent les surfaces de strates apparaissent toujours plus rapprochées les unes des autres.

Ensuite l'auteur maintient sa manière de voir sur la non intervention des surfaces de strates dans le mouvement de la glace en considérant que ces surfaces, loin d'être des zones de moindre résistance, sont au contraire, par le fait des poussières qui s'y trouvent, des zones de friction relativement forte. De plus, ces éléments étrangers sont dans la règle enveloppés complètement, soit comme particules isolées, soit comme petits amas, par les grains du névé et ne peuvent pas jouer le rôle que leur attribue M. Crammer. Cette manière de voir est basée sur de nombreuses observations faites sur les glaciers, ainsi que sur une série d'expériences de laboratoire destinées à déterminer l'influence qu'exercent sur la plasticité de la glace soit les variations de température, soit l'interposition de matières étrangères. Ces expériences ont démontré que les variations de température n'ont qu'un faible effet sur la plasticité de la glace et que d'autre part les zones rendues impures par la présence de poussière ou de sable ne deviennent jamais des surfaces de glissement.

Action calorique de la neige. — Je crois utile de donner ici quelques renseignements sur l'influence exercée par la neige sur la température de l'air et du sol, tirés d'une série d'expériences faites à Buns (Jura bâlois), par M. le curé W. Bührer [2] pendant les hivers 1893-94, 1894-95 et 1895-96.

[1] H. Hess. Einiges über Gletscher. *Centralblatt f. Min. Geol. u. Pal.*, 1902, p. 225-231.

[2] W. Bührer. Einfluss der Schneedecke auf die Temperatur der Luft und der Erdoberfläche. *Thätigkeitsbericht der naturf. Gesel. Baselland.*, 1900-1901.

Digitized by Google

La présence d'une couche de neige sur le sol abaisse toujours la température de l'air, ce refroidissement pouvant être évalué à 5° ; la température de la neige est du reste constamment inférieure à celle de l'air, la différence variant avec les régions, avec les saisons et avec les années ; à Buns la différence moyenne est de 2.3°, à Davos elle est de 3.9°. C'est lorsque l'air est pur que la température relative de la neige est la plus basse. Ce contraste entre l'atmosphère et la neige s'explique aisément, si l'on considère que la surface semée d'aspérités de la neige est très favorable au rayonnement et que sa blancheur et sa structure particulière rendent la réflexion spécialement intense. Les hautes pressions barométriques tendent à exagérer la différence de température ; quant aux vents il paraît probable qu'ils augmentent cette différence s'ils sont relativement chauds, qu'ils la diminuent s'ils sont relativement froids. C'est lorsque la température de l'atmosphère est égale à 0° que celle de la neige s'en éloigne le moins ; si à partir de là l'air se réchauffe la différence de température s'accroît rapidement ; si au contraire l'air se refroidit, cette différence n'augmente que lentement. Le seul cas à peu près où l'atmosphère soit plus froide que la neige est celui où un refroidissement marqué est provoqué par une chute de neige.

Par contre une couche même très peu épaisse de neige protège le sol contre les basses températures ; une épaisseur de quelques millimètres suffit pour provoquer entre l'air et le sol une différence de température très marquée, qui sera d'autant plus accusée que l'atmosphère sera plus froide. Ce n'est que si l'air en se réchauffant dépasse 0° que le sol sous la neige sera momentanément plus froid. Une couche de 20 à 25 cm. de neige suffit pour mettre le sol absolument à l'abri des fluctuations extérieures de la température.

Transports éoliens.

Ayant étudié une série de poussières tombées en différents points de la Suisse occidentale de mai à août 1902, M. Forel [1] n'a trouvé aucune trace de cendres volcaniques ; par contre une poussière tombée le 2 août à Monthey (Valais), présente une frappante analogie avec les poussières sahariennes qui sont fréquemment jetées sur la Sicile, et il paraît justifié de

[1] F.-A. Forel. Chutes de poussières signalées en Suisse en 1902. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 101, *Archives Genève*, t. XIV, p. 474, et *Eclogæ*, vol. VII, p. 350.

Digitized by Google

lui attribuer la même origine. Il semble du reste que des précipitations analogues se soient produites en même temps dans les environs de Morges et de Lausanne, ainsi que sur le glacier du Géant (massif du Mont Blanc).

Tourbières.

Dans une étude des **tourbières du canton de Saint-Gall et des environs d'Einsiedeln**, faite du reste surtout au point de vue botanique, M. H. Schmidt[1] étudie les relations qui existent entre l'établissement des tourbières en Suisse et la période glaciaire, et montre l'origine septentrionale de beaucoup des éléments de la flore des tourbières alpines. Il expose ensuite, sans du reste les discuter, les diverses hypothèses mises en avant pour expliquer la grande extension des glaciers pleïstocènes; puis il parle des dépôts et des charbons interglaciaires et touche à différents points concernant les formations quaternaires, sans apporter aucun fait nouveau. En terminant, il montre l'influence qu'exerce sur la composition botanique de la tourbe la nature chimique du sol et des eaux superficielles.

Actions et agents internes.

Tremblements de terre.

D'après le rapport annuel sur les **tremblements de terre en Suisse en 1901**, rédigé par M. R. Billwiller[2], le territoire de notre pays a été affecté pendant cette année par 6 seïsmes locaux :

1° Un ébranlement dans la Basse-Engadine le 12 février à 5 h. 20 av. m.

2° Un seïsme alpin-jurassien dans le bassin du Léman le 15 février à 6 h. 30 av. m.

3° Un second seïsme dans la même région que le précédent le 17 février à 6 h. 36 av. m.

4° Une secousse à Nyon-Céligny le 14 juillet à 5 h. 22 ap. m.

5° Un seïsme dans la Haute-Engadine le 2 octobre à 2 h. 25 av. m.

[1] H. Schmidt. Im Torfmoor. *Ber. über die Thätigkeit der St. Galler naturwiss. Ges.*, 1900-1901, p. 169-204.

[2] R. Billwiller. Bericht der Erdbeben-Kommission für 1901-1902. *Actes Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 214-215.

Digitized by Google

6° Un seïsme dans la Basse-Engadine le 14 décembre à 4 h. 40 av. m.

En outre, 3 tremblements de terre, dont le centre était à l'étranger, ont été ressentis dans certaines parties de la Suisse ; ce sont :

1° Un seïsme dans la région du Haut-Rhin le 24 mars à 4 h. 30 av. m.

2° Un seïsme en Alsace le 22 mai à 7 h. 57 av. m.

3° Un seïsme dans la plaine lombardo-vénitienne le 30 octobre à 3 h. 53 ap. m.

Volcanisme.

En se basant sur une série de réactions obtenues au moyen du four électrique, M. A. Rossel[1] admet que les premiers minéraux formés sur la surface de la terre ont dû être des siliciures et des carbures métalliques (CaC_2, Al_4C_3, Mg_2Si, etc....); puis, lorsque les conditions ont permis la formation de la vapeur d'eau, celle-ci agissant sur ces carbures et ces siliciures a provoqué leur décomposition en oxydes d'une part (chaux, magnésie, alumine, etc....), et en gaz inflammables de l'autre (C_2H_2, CH_4, SiH_4, etc....), qui en brûlant ont donné de l'eau avec CO_2 et SiO_2.

Si l'on admet maintenant que siliciures et carbures existent encore en profondeur, les mêmes réactions doivent se produire, lorsque les eaux d'infiltration entrent en contact avec eux, et le dégagement et l'inflammation des gaz qui en résultent dans les régions moins profondes de l'écorce terrestre peuvent être la cause de phénomènes volcaniques et sismiques à la surface.

D'autre part, M. A. Brun[2] cherchant à résoudre le **problème des explosions volcaniques**, a déterminé les points suivants :

1° La température des laves au moment de leur épanchement, et par conséquent au moment où elles sont le siège d'explosions violentes, oscille entre 1230° et 1400°.

[1] A. Rossel. Une cause possible des éruptions volcaniques. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 108-110, *Archives Genève*, t. XIV, p. 481, et *Eclogæ*, vol. VII, p. 355.

[2] A. Brun. Note pouvant servir de base à une théorie de l'explosion volcanique. *Archives Genève*, t. XIII, p. 596-601.

Digitized by Google

2° Une roche dont la température dépasse 830° dégage de l'hydrogène par suite de la réaction de l'eau de constitution sur les sels ferreux. Cet hydrogène s'enflamme au contact de l'air par le fait de sa température élevée et produit des explosions.

3° Si une roche contenant 4 % d'eau de constitution est échauffée jusqu'à la température voulue, elle peut fournir suffisamment d'explosif pour lancer son double à 5 km. de distance.

4° En outre, si l'on fait intervenir ici la notion de covolume, on peut dire qu'une roche échauffée et dégageant des gaz produit sur son enveloppe une pression plus grande que toute grandeur connue, si la densité des produits après la chauffe est plus petite que la densité de la roche primaire. Donc la température seule, sans la réaction productrice de H_2 peut suffire pour expliquer le soulèvement des masses.

MÉTAMORPHISME.

M. W. SPRING[1] a entrepris une série d'expériences dans le but de déterminer les conditions nécessaires à la naissance dans un milieu solide d'une **texture schisteuse**. Il a constaté en premier lieu que dans les schistes argileux des environs de Spa les surfaces de clivage renferment une proportion notablement plus forte de charbon que l'intérieur des feuillets et, en tenant compte d'autre part d'expériences précédentes, il admet que la structure schisteuse provient ici en grande partie de la superposition de zones alternativement plus et moins riches en charbon, ou en d'autres termes de la non homogénéité du complexe.

Pour confirmer cette manière de voir, l'auteur a comprimé perpendiculairement à leur plan de superposition une succession de couches d'argile après avoir fait évaporer sur la surface de chacune d'elles de l'eau noire de tourbière. La matière comprimée, n'étant pas soutenue latéralement, s'est amincie et a pris une structure schisteuse, les feuillets argileux compris entre deux zones bitumineuses ne s'étant nulle part confondus. En comprimant ensuite une succession de couches d'argile non bituminées à la surface, il a obtenu une masse homogène non schisteuse, dans laquelle toutes les couches étaient confondues.

[1] W. SPRING. Sur les conditions dans lesquelles certains corps prennent la texture schisteuse. *Archives Genève*, t. XIII, p. 329-341.

Digitized by Google

Pour expliquer les cas où la schistosité est indépendante du plan de stratification, M. Spring a utilisé une boîte d'acier percée au fond par une fente de 4 mm de largeur et dans laquelle se mouvait exactement un piston. En comprimant dans cette boîte des lames de plomb empilées et graissées pour éviter qu'elles ne se soudent les unes aux autres, il a vu sortir par la fente du fond une lame de plomb entièrement formée de feuillets parallèles aux parois de l'ouverture et par conséquent perpendiculaires au plan de superposition primitif des lames. En comprimant de la même façon des couches d'argile bituminées à la surface, il a obtenu un résultat analogue avec cette seule différence que, l'argile étant moins malléable que le plomb, les feuillets étaient moins continus. Ainsi on peut admettre que, pour que la schistosité se produise, il faut que la matière comprimée puisse glisser dans une direction donnée et alors le plan de schistosité est toujours parallèle à celle-ci; il n'est pas nécessairement perpendiculaire à la direction de la pression.

En comprimant ensuite dans le même moule de l'argile pure, M. Spring a constaté tout d'abord que l'argile sèche refuse de s'écouler même sous une pression de 10 000 atmosphères et ne devient pas non plus schisteuse; l'argile qui contient plus de 10 % d'eau s'écoule en une masse homogène non schisteuse. Quant à l'argile qui contient 5 à 6 % d'eau elle s'écoule en une bande feuilletée, dont les feuillets sont limités par des surfaces de glissement absolument semblables à celles qu'on rencontre dans certains schistes. Ici l'eau contenue dans l'argile s'en est séparée sous la pression et y a formé des veines qui ont joué le même rôle que les zones bitumineuses, favorisant le glissement de l'argile sur elle-même et par suite la formation des feuillets. Dans certains cas l'air emprisonné dans la roche peut produire les mêmes effets.

L'auteur conclut de ses expériences que la texture schisteuse n'est pas la conséquence forcée d'une compression énergique; elle provient toujours d'un défaut d'homogénéité de la matière comprimée et elle exige pour se développer un certain laminage, soit un écoulement et par conséquent un défaut d'égalité de la pression en tous sens. Elle peut se rencontrer dans toutes les roches qui ne sont pas absolument homogènes.

Digitized by Google

IVe PARTIE — STRATIGRAPHIE ET PALÉONTOLOGIE

GÉNÉRALITÉS.

M. ED. GREPPIN[1] a publié la liste de tous les échantillons types, figurés par différents auteurs, qui font partie des collections géologiques et paléontologiques du Musée de Bâle. Les originaux sont classés d'après les ouvrages dans lesquels ils ont été décrits et figurés et d'après la date de publication de ces ouvrages. Nous trouvons dans cette liste des types décrits par Brückner, Zwinger, Hofer, Andreæ, Knorr, Merian, Agassiz, Desor, de Loriol, Mœsch, Koby, Ed. Greppin.

TRIAS.

Jura. — Sur le versant N du Hauenstein, à l'E du village de Läufelfingen, affleure, en chevauchement sur la Mollasse, du Trias supérieur qui a été décrit par M. F. MÜHLBERG[2] et visité en 1901 par la Société géologique suisse. La série se décompose de bas en haut comme suit :

1° A la base 40 m. de gypse plongeant de 10 à 30° vers le S et passant à l'anhydrite à sa partie inférieure.

2° 12 m. d'argile avec sel.

3° 8 m. de dolomie gris-clair, finement plaquetée, avec zones de silex (dolomie inférieure).

4° 25 à 30 m. de calcaires avec bancs à Encrines et bancs à Terebratules (Hauptmuschelkalk).

5° Dolomie sableuse, brunâtre, en bancs tantôt minces, tantôt épais (dolomie supérieure).

M. F. Mühlberg[3] a établi d'autre part comme suit la classification du Trias qui affleure au cœur de la chaîne du Lägern :

[1] ED. GREPPIN. Ueber Originalien der geologischen Sammlungen des Basler naturhistorischen Museums. *Verh. der naturf. Gesel. Basel*, B. XV, p. 25-134.

[2] F. MÜHLBERG. Bericht über die Exkursionen der schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Grenzgebiet zwischen dem Ketten-und dem Tafeljura, in das aargauische Quartär und an die Lägern. *Eclogæ*, vol. VII, p. 153.

[3] F. MÜHLBERG. Erläuterungen zur geologischen Karte des Grenzgebietes zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura. I. Theil, Geologische Karte der Lägernkette und ihrer Umgebung. *Eclogæ*, vol. VII, p. 246-270.

Digitized by Google

1° A la base, le Hauptmuschelkalk formé de dolomies grises et de calcaires compactes brunâtres à *Ter. vulgaris* Schl. et *Encrinus liliiformis* Mill.

2° Dolomie saccharoïde blanche ou grise du Muschelkalk supérieur avec *Myophoria Goldfussi*.

3° Marnes rouges et vertes qui contiennent des bancs dolomitiques à leur partie supérieure et du gypse à leur partie inférieure.

JURASSIQUE.

Alpes. — M. C. SCHMIDT [1] a récemment repris l'étude de la question si controversée de **l'âge des schistes grisons**. Il a d'abord soumis à un examen approfondi les fameuses *Belemnites* que Theobald avait rapportées du Faulhorn de Churwalden et est arrivé à la conviction que ce ne sont pas des fossiles, mais des cordons de sable calcaire intercalés dans la roche argileuse, ultérieurement écrasés, laminés et dynamométamorphisés ; ainsi l'un des principaux arguments en faveur de l'âge jurassique des schistes tombe. Ensuite, M. Schmidt s'est efforcé de découvrir dans l'intérieur de ce complexe des fossiles, qui pussent servir à une détermination stratigraphique absolue ; il a porté spécialement son attention sur les deux bandes calcaires qui, orientées du SW au NE, vont l'une de Küblis à Saint-Antonien, l'autre de Langwies à Serneus. Dans la première de ces zones il n'y a aucun contraste tranché entre les calcaires et les schistes avec lesquels ils alternent ; la roche dominante est un schiste calcaire absolument analogue à ceux qui affleurent dans la région du Rhin postérieur à Heinzenberg, à la Via Mala, à Schams, etc. ...; sa structure est grenue, parfois oolithique ; des grains de quartz et de la séricite se mêlent à la calcite. Sur un point, dans le ravin de Willisch, l'auteur y a découvert un calcaire à Echinodermes renfermant des Bryozoaires et des Foraminifères ; quoique aucun de ces fossiles ne puisse servir à fixer le niveau géologique du calcaire encaissant, l'absence absolue de Nummulites et d'Orbitoïdes parle plutôt en faveur d'un âge secondaire. D'autre part, les relations qui existent entre ces calcaires et les schistes montrent que ces formations font partie d'un seul et même com-

[1] C. SCHMIDT. Ueber das Alter der Bündner Schiefer im uordöstlichen Graubünden. *Ber. des oberrhein. geol. Vereins, 35. Versam. Freiburg i. B.*, 1902.

Digitized by Google

plexe et qu'il n'y a certainement pas ici un lambeau de recouvrement.

Plus au SE, entre Langwies et Serneus, sur les flancs de la Strela et du Haupterhorn les schistes grisons sont en contact avec les dolomies du Trias. Entre les bancs schisteux s'intercalent des calcaires foncés, finement spathiques, qui montrent sous le microscope une structure oolithique et qui renferment des débris d'Échinodermes et de Foraminifères. Ces calcaires, très analogues à ceux du ravin de Willisch, se rapprochent d'autre part de la Brèche de Tristel, que M. Lorenz a déterminée comme infracrétacique, et aussi de certains calcaires oolithiques du Stanserhorn que M. Tobler considère comme néocomiens. Cette analogie entre une formation caractéristique des klippes et un dépôt d'une zone intra-alpine est intéressante à noter; malheureusement il est impossible de décider si les calcaires de la Strela rentrent dans le complexe des schistes grisons ou font partie d'une nappe chevauchante.

M. Schmidt n'est donc arrivé qu'à des conclusions d'un caractère indéterminé, mais le fait qu'il a découvert des restes organiques sur plusieurs points dans les schistes grisons permet d'espérer qu'on y trouvera un jour des fossiles déterminables et caractéristiques.

M. P. Lory[1] a fait remarquer que les calcaires à entroques jouent un rôle considérable dans la constitution du **Lias des Alpes occidentales** aussi bien en Suisse que dans le massif de la Mure au S de Grenoble, dans la zone du Briançonnais et dans les Alpes maritimes. En Suisse comme dans le massif de la Mure ils débutent tantôt avec le Lias inférieur, tantôt seulement dans le Lias moyen.

Préalpes et Klippes. — M. H. Preiswerk[2] a étudié la série des couches qui chevauche sur le Flysch du côté N du Col de Coux, en tenant compte plus spécialement de l'Infralias. Celui ci, représenté par des schistes noirs dans lesquels s'intercalent des bancs calcaires, repose sur les corgneules et les calcaires dolomitiques du Trias, qui s'appuient sur les quartzites infratriasiques et le Verrucano. Il renferme à sa partie supérieure *Avicula contorta*, *Cardium rhœticum*,

[1] P. Lory. Sur le faciès à entroques dans le Lias des Alpes suisses et françaises. *C. R. Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 94, *Archives Genève*, t. XIV, p. 468, et *Eclogæ*, vol. VII, p. 334.

[2] H. Preiswerk. Note sur le Rhétien et le Lias du Col de Coux. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 721-722.

Digitized by Google

Anomia Mortilleti, *Modiola minuta*, etc.,... ainsi que de nombreux polypiers. Sur ce Rhétien se superposent des calcaires à Belemnites avec *Pentacrinus tuberculatus* du Lias inférieur. Cette succession correspond exactement à celle que M. Lugeon a étudié à Jutteninge ; elle permet de préciser l'âge des couches de Brèche qui la surmontent directement.

M. Ch. Sarasin [1] a publié quelques renseignements sur la stratigraphie du Lias de la Klippe des Annes. Ces indications ont été complétées par M. Lugeon [2], qui a distingué au-dessus du Rhétien de cette Klippe et dans le Lias : *a*) Calcaires à silex reposant sur le Rhétien ; *b*) Lias moyen calcaire ; *c*) Lias supérieur marneux.

Jura. — Des travaux effectués dans la tranchée de chemin de fer de Liestal ont permis à M. K. Strübin [3] de constater sur ce point la présence des niveaux à *Ludwigia Murchisonae*, à *Ludwigia concava* et à *Sphaeroceras Sauzei*.

Les couches à *Ludwigia Murchisonae* se composent de calcaires sableux, micacés, avec intercalations marneuses, qui renferment *Ludwigia Murchisonae*, *Pecten pumilus* et *Cancellophycos scoparius*.

Le niveau à *Ludwigia concava* et *Sonninia Sowerbyi* est représenté par un complexe de marnes micacées, gris-bleuâtres, qui est divisé en deux par un banc de calcaire grossièrement oolithique ou spathique. Les marnes inférieures renferment plusieurs formes voisines de *Sonninia Sowerbyi*, des Harpoceras et des Lioceras, puis *Pholadomya reticulata* Ag., *Inoceramus polyplocus* Roem., *Avicula elegans* Münst., *Posidonomya opalina* Qu., *Cidaris spinulosa* Roc., *Cid. gingensis* Waag. Le calcaire spathique a fourni *Sonninia cf. jugifera* Waag., *Lima incisa* Waag., *Lima proboscidea* Lam., *Pecten cinctus* Sow., *Pecten gingensis* Qu., *Placunopsis gingensis* Qu., *Rhynchon. gingensis* Waag.

Les couches à *Sphaeroceras Sauzei* sont formées par des calcaires marneux gris-bleuâtres, en partie spathiques, asso-

[1] Ch. Sarasin. Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis. *Eclogæ*, vol. VII p. 321–331, et *Archives Genève*, t. XIV, p. 477. J.Txv, p. 30-48.

[2] M. Lugeon. A propos de la communication de M. Sarasin sur la région des Annes. *Eclogæ*, vol. VII, p. 334, et *Archives Genève*, t. XIV, p. 480.

[3] K. Strübin. Geologische Beobachtungen im Eisenbahneinschnitt bei Liestal. *Thätigkeitsbericht der naturf. Gesel. Baselland*, 1900-1901, p. 68-72.

Digitized by Google

ciés à des marnes foncées et à des bancs d'oolithes. Parmi les fossiles récoltés autrefois à ce niveau et conservés au Musée de Liestal, l'auteur a reconnu *Sonninia alsatica* Haug, *Witchellia sp.* et *Alectryonia flabelloïdes* Lam.

Cette série médiojurassique plonge de 10° vers le NW ; elle est traversée par une faille verticale qui fait butter les calcaires à *Ludw. Murchisonae* du NW contre les marnes à *Ludw. concava* du SE, et qui est recouverte par les alluvions des Hautes Terrasses.

Nous trouvons dans la notice explicative de la carte géologique de la Lägern publiée par M. F. MÜHLBERG[1] une classification des dépôts jurassiques de cette chaîne qui peut se résumer comme suit :

Lias.
- *a*) Calcaire à gryphées.
- *b*) Marnes schisteuses foncées avec intercalations calcaires, renfermant des Belemnites.

Dogger.
- *c*) Marnes schisteuses aaléniennes.
- *d*) Calcaires oolithiques ferrugineux qui représentent le Bajocien et dans lesquels on retrouve les niveaux paléontologiques de la Souabe.
- *e*) Marnes et marno-calcaires à *Park. Parkinsoni.*
- *f*) Marnes à *Rhynchonella varians.*
- *g*) Oolithes ferrugineuses du Callovien.

Malm.
- *h*) Marnes à *Cardioc. cordatum.*
- *i*) Couches de Birmensdorf.
- *j*) Couches d'Effingen.
- *k*) Massif calcaire formé par les couches de Wangen, les couches à *Hemic. crenularis* et les couches du Geissberg.
- *l*) Marnes et marno-calcaires de Baden à *Oppelia tenuilobata* et *Aspid. acanthicum.*
- *m*) Complexe calcaire de Wettingen avec *Rhynch. trilobata*, *Terebr. suprajurensis*, *Rhabdocid. maxima*, *Rhabdoc. nobilis*, *Oppelia Holbeini.*

Dans son étude monographique des environs de Sainte-Croix. M. TH. RITTENER[2] reprend en détail l'étude des formations médio et suprajurassiques de cette partie du Jura.

[1] F. MÜHLBERG. Erläuterungen zur geologischen Karte des Grenzgebietes zwischen dem Ketten-und Tafel-Jura. I. Th. Geologische Karte der Lägernkette und ihrer Umgebung. *Eclogæ*, vol. VII, p. 246-270.

[2] TH. RITTENER. Etude géologique de la Côte aux Fées et des environs de Sainte-Croix et de Baulmes. *Mat. p. la Carte géol. de la Suisse*, nouvelle série, XIIIe livr.

Digitized by Google

Après avoir montré les divergences qui existent entre les classifications adoptées par les différents auteurs (Mœsch, Rollier, Jaccard, Girardot) pour le Jurassique moyen, il propose la subdivision suivante :

Callovien.	*a)* Dalle nacrée et calcaire ferrugineux. *b)* Marnes à *Rhynch. varians.*
Callovien-Bathonien.	*c)* Calcaire roux sableux à *Parkinsonia.*
Bathonien.	*d)* Oolithe supérieure (grande oolithe de Jaccard). *e)* Marno-calcaires à polypiers et fossiles siliceux (Couches de Brot).
Vésulien.	*f)* Oolithe inférieure (calc. à entroques, oolithe subcompacte). *g)* Calcaire compact à *Pecten Dewalquei.*
Bajocien supérieur.	*h)* Marnes à fucoïdes et calcaire siliceux à *Lima proboscidea*

Passant ensuite aux deux principaux gisements de Dogger qui existent dans la région, l'un sur le versant NW du Chasseron dans la tranchée de la Deneyreaz, l'autre sur le versant NW du Suchet entre celui-ci et les Aiguilles de Baulmes, M. Rittener en donne une description très complète, que nous pouvons difficilement résumer ici. Puis il détermine comme suit les caractères d'ensemble de ces deux gisements :

1° Le Bajocien supérieur (couches à *Stephan. Blagdeni?*), qui constitue le niveau le plus ancien connu ici, débute par un calcaire marneux qui devient ensuite compact avec des fossiles siliceux appartenant aux espèces suivantes :

Coeloceras Braikenridgi Sow.
» Freycineti Bayle.
Pseudomelania simplex Mor. et Lyc.
Astarte cf. maxima Qu.
» cf. orbicularis Sow.
Gresslya lunulata Ag.
Arcomya calceiformis Phil.
Pholadomya Murchisonae Sow.
Trigonia costata Sow.
Avicula Münsteri Goldf.
Lima proboscidea Ag.
» bellula Mor. et Lyc.
Pecten Dewalquei Opp.
(= P. articulatus auct.).
Pecten ambiguus Goldf.
» giengensis Qu.
Ostrea cf. costata Sow.
Terebratula subbucculenta Ch. et Dew.
» intermedia Sow.
» globata Sow.
» cf. perovalis Sow.
Rhynchonella cf. obsoleta Sow.
» major J. de C.
» tenuispina Waag.
» Triboleti Merian.
» cf. quadriplicata Zieten.
Pentacrinus Nicoleti Des.

Digitized by Google

2° Le Vésulien ou Bathonien inférieur comprend : *a*) un calcaire verdâtre à veines jaunes avec *Pecten Devalquei* Op., *Rhynchonella major* J. de C., *Cidaris Zschokkei* Des., *Ter. cf. subbucculenta* Ch. et Dew.; *b*) l'oolithe subcompacte avec *Belem. cf. giengensis* Op., *Pholadomya Murchisonae* Sow., *Lima proboscidea* Ag., *Pentacrinus nodosus?* Qu. et des Spongiaires.

3° Le Bathonien supérieur comprend :

a) Marno-calcaire à fossiles siliceux avec *Pleurotomaria cf. Alcibiades* d'Orb., *Ter. cf. perovalis* Sow., *Ter. cf. subbucculenta* Ch. et Dew., *Rhynch. major* Ch. et Dew., *Rhynch. Triboleti* Mer., *Magnosia Forbesi*, Wright, *Pseudodiadema subcomplanatum* d'Orb., *Cidaris Zschokkei* Des., *Isastrea salinensis* Koby.

b) Oolithe supérieure (grande oolithe ou Forest Marble) qui ne renferme que des débris indéterminables de Belemnites, de Cidaris, etc....

c) Calcaire roux avec *Belemn. canaliculatus* v. L., *Parkins. ferruginea* Opp., *Parkins. Schloenbachi* Schlot., *Avicula Münsteri* Goldf., *Pecten Rypheus* Schl., *Teretr. globata* Sow., *Acanthothyris spinosa* Ziet., *Aulacothyris carinata* Lam., *Rhynch, concinna* Sow., *Rhynch. Moorei* Dav.

4° Le Callovien inférieur est représenté par les marnes de Furcil qui sont liées au terme sous-jacent par une transition graduelle et qui renferment une faune abondante :

Macrocephalites Morrisi Op.
Oppelia (?) pustulata Rein.
Reineckia anceps Rein.
Pholadomya bucardium Ag.
» Murchisonae Sow.
Pleuromya cf. recurva Ph.
Goniomya Proboscidea Ag.
Trigonia interlævigata Schlot.
Arca cf. concinna Phil.
Pseudomonotis echinata Mor. et Lyc.
Modiola imbricata Sow.
Lima bellula Mor. et Lyc.
Pecten Rypheus Schl.
Ostrea Marshi Sow.
Terebratula globosa Sow.
» Furciliensis Haas.
» intermedia Sow.
» ornithocephala Sow.
» Fleischeri Opp.
Aulacothyris Mandelslohi Opp.
Rhynchonella varians Ziet.
» Fürtembergensis Qu.
Collyrites analis Ag.

5° Le Callovien supérieur est formé par la Dalle nacrée sans fossile déterminable.

Le Malm est la formation la plus répandue dans la région, soit dans la chaîne du Suchet et du Chasseron, soit dans l'anticlinal qui borde au NW le vallon de Noirvaux, soit au Mont de Buttes et au Mont des Verrières. M. Rittener en a

Digitized by Google

étudié plus spécialement deux profils, l'un le long de la ligne Sainte-Croix-Baulmes, l'autre dans la cluse Longeaigue-Noirvaux ; puis il résume comme suit la stratigraphie de la série suprajurassique :

1° L'Oxfordien (Divésien auct., Callovien supérieur de Jaccard) est très réduit dans la région de Sainte-Croix ; il se compose d'un lit épais à peine de 1 m. de marne noire très riche en fossile avec un banc mince de calcaire grumeleux, oolithique et ferrugineux par places. Les meilleurs gisements de ce niveau sont à la Rochette sur Baulmes, au pied de l'Aiguillon, sur la route de la Limasse à la Vraconne et dans le haut du village de Sainte-Croix. Les espèces caractéristiques sont :

Sphenodus longidens Ag.
Belemnites latesulcatus d'Orb.
» hastatus Blainv.
Belemnopsis subhastatus Ziet.
Perisphinctes Chavattensis de Lor.
» plicatilis Sow.
Peltoceras arduennense d'Orb.
Aspidoceras faustum Bayle.
» perarmatum Sow.
Cardioceras cordatum Sow.
Cardioceras vertebrale Sow.
» quadratum Sow.
» flexicostatum Phil.
Harpoceras delemontanum Op.
Oppelia baccata Buk.
» Nykteis Buk.
Phylloceras tortisulcatum d'Orb.
Pleurotomaria Cyprea d'Orb.
» Galathea d'Orb.

2° L'Argovien inférieur (Spongitien, couches de Birmensdorf) se compose de calcaires en bancs alternant avec des marnes grumeleuses ; il forme un ressaut très net au bas des pentes argoviennes ; ses fossiles sont abondants :

Perisphinctes Dybowskii Siem.
Oppelia cf. costata Qu.
» callicera Op.
Harpoceras arolicum Op.
» canaliculatum v. Buch.
Creniceras crenatum Brug.
Belemnites argovianus May.
Lima Escheri Mœsch.
Ctenostreon Marcousanum Op.
Rhynchonella arolica Op.
» striocincta Qu.
Balanocrinus subteres Goldf.
Scyphia obliqua Goldf.
Chenendopora rugosa Goldf.
Cribrospongia reticulata Goldf.
Craticularia paradoxa Goldf.
Hippalinus rugosus Goldf.

3° L'Argovien supérieur se divise en trois niveaux lithologiques : à la base, des marnes à ciment presque sans fossiles, ensuite une zone épaisse de calcaire hydraulique, qui renferme à sa partie supérieure une faune assez abondante de Gastéropodes et de Lamellibranches, puis une nouvelle zone marneuse qui passe au Séquanien inférieur.

4° Le Séquanien possède un faciès assez variable, qui se modifie non seulement d'une chaîne à l'autre, mais aussi

Digitized by Google

dans l'intérieur d'une même chaîne. Il est pourtant formé partout par des calcaires nettement oolithiques avec lesquels alternent des bandes marneuses et des calcaires compacts ou cristallins. Dans l'anticlinal Suchet-Mont de Baulmes la base de l'étage est représenté par des marnes fossilifères; puis au-dessus vient un massif puissant de calcaire qui est compact dans sa partie inférieure et sa partie supérieure, tandis que sa partie moyenne est très oolithique, presque crayeuse.

Au Chasseron, la base du Séquanien se compose de calcaires lumachelliques rouges sur lesquels s'appuie une zone épaisse de marnes; la partie supérieure est constituée par un massif de calcaires oolithiques, dans lequel s'intercalent environ 30 m. de marnes. Un beau profil à travers cet étage se présente le long de la route de Fleurier à Sainte-Croix entre Longeaigue et Noirveaux. Au Mont des Verrières, le Séquanien est représenté par des calcaires oolithiques subcrayeux avec des zones interposées de marnes à *Waldheimia humeralis*, que Jaccard attribue à tord au Kimmeridgien.

La faune séquanienne de la région comprend :

Chemnitzia Flamandi Contej.
Natica grandis Goldf.
» dubia Roem.
Acteonina acuta d'Orb.
Cardium intextum Goldf.
Pholadomya myacina Ag.
Gervillia sulcata Etal.
Mytilus pectinatus Sow.
Lima corallina Th.
» astartina Contej.
» Bonanomii Th.
» tumida Roem.
Lima Greppini Etal.
Pecten subarticulatus d'Orb.
Trichites giganteus Qu.
Ostrea pulligera Goldf.
Rhynchonella corallina Leym.
» seminconstans Etal.
Hemicidaris intermedia Forbes.
Cidaris florigemma var. philastarte Etal.
Apiocrinus Meriani Th.
Confusastrea dianthus Th.
Stephanocoenia trochiformis Mich.

5° Le Kimmeridgien débute par un massif calcaire de 50 m. d'épaisseur, qui est surmonté par les marnes très fossilifères de Banné avec :

Nerinea Elsgaudiae Th.
Pholadomya Protei Brong.
Homomya hortulana Ag.
Arcomya helvetica Ag.
Isocardia striata d'Orb.
Ceratomya excentrica Roem.
Lucina substriata Roem.
Cardium banneianum Th.
Trichites baussurei Desh.
Mytilus perplicatus Etal.
» subaequiplicatus Goldf.
Avicula Gessneri Th.
Pecten Buchi Roem.
Lima montbeliardensis Contej.
Ostrea semisolitaria Etal.
» pulligera Goldf.
Terebratula subsella Leym.

Sur les marnes de Banné, le Kimmeridgien moyen comprend un nouveau massif calcaire terminé à sa partie supé-

Digitized by Google

rieure par un banc rempli de *Corbis subchlathrata* Thur. et de Nérinées (*N. Elsgaudiae* Th., *N. cf. Mariae* d'Orb., *N. cf. Calliope* d'Orb.). La partie supérieure de l'étage se compose de calcaires pauvres en fossiles avec quelques bancs coralligènes renfermant des Nérinées indéterminables.

6° Le Portlandien n'est pas séparé du Kimmeridgien par une limite franche ; il est représenté par un complexe de calcaires avec des intercalations de marnes dolomitiques et renferme fort peu de fossiles, dont aucun n'est bien caractéristique.

7° Le Purbeckien se divise en deux termes bien distincts : les marnes nymphéennes avec parfois une zone de dolomies caverneuses à leur base, puis un banc oolithique à Cérithes et à *Corbula Forbesiana* de Lor., auquel s'associent en général des conglomérats littoraux. Les marnes inférieures à gypse et cristaux de quartz, qui forment habituellement dans le Jura la base du Purbeckien, paraissent manquer ici.

M. P. de Loriol[1], continuant ses études de faunes sur l'Oxfordien du Jura, a consacré son dernier travail aux couches oxfordiennes supérieures à la zone à *Creniceras Renggeri* dans les environs de Lons-le-Saulnier, et plus spécialement aux Céphalopodes inclus dans ces formations. Parmi les cinquante-huit espèces qu'il a déterminées et décrites il y a neuf Belemnites, dont l'une *Belemn. Girardoti* est nouvelle ; c'est une espèce voisine de *Bel. hastatus*, mais avec une forme moins hastée, qui se distingue de *Bel. latesulcatus* par la section ellipso-transverse du rostre.

Les autres espèces décrites sont des ammonites parmi lesquelles prédominent le genre *Perisphinctes*, et les Harpoceratidés (*Harpoceras*, *Hecticoceras*, *Ochetoceras*, *Oppelia*, *Creniceras*, *Oekotraustes*).

Ne pouvant donner ici la liste complète des espèces, je me contenterai de citer les formes nouvelles :

Oppelia pseudo-Pichleri, voisine de Opp. Pichleri, s'en distingue par l'absence de tubercules siphonaux et par la forme de sa ligne de suture.

Oppelia Girardoti a une coquille très involute, discoïdale, tricarénée au pourtour et ornée de très fines côtes falciformes régulièrement espacées.

Oppelia Sarasini, voisine de *Opp. Nycteis* Buk., s'en distingue par ses côtes plus sinueuses qui forment de très

[1] P. de Loriol. Etude sur les Mollusques et Brachiopodes de l'Oxfordien supérieur et moyen du Jura lédonien, 1re partie. *Mém. de la Soc. pal. suisse*, t. XXIX, 1902.

Digitized by Google

petits tubercules près du bord externe, et par la présence sur la ligne siphonale d'une série de tubercules puissants et écartés.

Oppelia spernenda, voisine de *Opp. baccata*, en diffère par l'absence de tubercules latéraux.

Creniceras Berlieri est orné de côtes falciformes peu nettes et de tubercules externes très développés sur le dernier tour.

Perisphinctes bouranensis est voisin de *Per. Delgadoi*, mais avec des côtes plus nombreuses en partie trifurquées, des étranglements plus espacés et des flancs plus aplatis.

Perisphinctes Thevenini, *Perisphinctes neglectus* (= Per. cfr. polygyratus Quenstedt, 1888), *Perisphinctes Marcoui*, voisin de *Per. Rollieri* de Lor., mais avec un ombilic plus petit, des tours plus larges et des côtes moins nombreuses et moins infléchies en avant et *Perisphinctes Sorlinensis*, voisin du précédent avec des tours plus arrondis.

CRÉTACIQUE.

Hautes Alpes. — M. CH. SARASIN[1] a examiné les caractères stratigraphiques de la série crétacique dans les chaînes du Brezon, des Vergys et des Aravis (Haute-Savoie). Il a établi au-dessus du Petit Bornand et sur le flanc S des Rochers de Leschaux le profil suivant :

1° Le Valangien est représenté par des marnes schisteuses grises, sans fossile, qui forme peu d'affleurements et qu'on rencontre dans le fond de la vallée du Borne.

2° L'Hauterivien est constitué par des couches alternantes de marnes gris-foncé et de calcaire noir; on y trouve en abondance sur certains points *Toxaster complanatus* et *Exogyra Couloni*.

3° L'Urgonien, qui forme le squelette de tous les anticlinaux de la région, comprend un complexe assez uniforme de calcaires gris-clairs ou brunâtres, rempli par places de *Requienia ammonia* et contenant des lentilles de calcaire à polypiers. Il se termine à sa partie supérieure par des bancs de grès siliceux alternant avec des calcaires à Orbitolines, qui rentrent probablement déjà dans l'Aptien.

4° L'Aptien proprement dit n'a été observé que dans le synclinal de Cenise ; il n'est du reste représenté que par une

[1] CH. SARASIN. Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis. *Eclogæ*, vol. VII, p. 321-333, et *Archives*, t. XV, p. 30 à 48.

Digitized by Google

mince couche de grès tendres, verdâtres, avec *Exogyra aquila.*

5° L'Albien débute par des marnes noires schisteuses sans fossiles, sur lesquelles reposent des grès siliceux noirs ou vert-foncé, très fossilifères, avec *Rhynch. sulcata. Terebr. Dutemplei, Inoceramus sulcatus, Inoc. concentricus, Pleurotomaria regina, Aporrhaïs Orbignyana, Desmoceras Beudanti, Puzosia latidorsata, Puz. Mayoriana, Acanthoceras Milleti*, etc. Très développé dans les synclinaux de Solaizon, de Cenise et du Grand Bornand, le Gault manque, soit dans les chaînes septentrionales du massif, soit autour de l'anticlinal de la Clusaz.

6° Le Crétacique supérieur est représenté par une série uniforme de calcaires, gris clairs, en bancs minces, à grain très fin, remplis de silex, sans fossiles.

Nous devons d'autre part à M. H. Douxami [1] quelques indications complémentaires sur la stratigraphie des formations crétaciques dans la région voisine du **massif de Platé.**

Préalpes. — M. A. Gremaud [2] a trouvé dans une carrière nouvellement exploitée près de Broc vers la bifurcation des routes de Charmey et de Botterens une ammonite indéterminée, un *Aptychus aplanatus* et un *Aptychus reticulatus.* Les couches exploitées appartiennent à la zone limite entre le Jurassique et le Crétacique, or, il est à remarquer que Gilliéron considère l'*Apt aplanatus* comme caractérisant le Néocomien et l'*Apt. reticulatus* comme appartenant à la zone à *Peltoceras transversarium.*

Nous avons déjà cité dans la revue pour 1901 la première partie de l'étude monographique de MM. Ch. Sarasin et Ch. Schöndelmayer [3] concernant les Ammonoïdes du **Crétacique inférieur des environs de Châtel-Saint-Denis.** Aujourd'hui, la publication de ce travail est terminée et permet de se faire une idée d'ensemble sur la faune d'ammonites des étages berriasien, valangien, hauterivien et barrêmien.

L'étude des auteurs a porté sur 99 espèces, qui se répar-

[1] H. Douxami. Revision de la feuille d'Annecy-Massif de Platé. *Bull. 85 des services de la Carte géol. de la France et des topographies souterraines,* mars 1902.

[2] A. Gremaud. Fossiles trouvés à Montsalvens. *Bull. Soc. fribourg. des sc. nat., C. R.,* 1901-1902, vol. X, p. 16.

[3] Ch. Sarasin et Ch. Schöndelmayer. Etude monographique des Ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis. *Mém. Soc. pal. suisse,* t. XXVIII et XXIX, 1901-1902.

Digitized by Google

tissent très inégalement entre ces quatre étages, la plupart appartenant au Barrêmien. Ces diverses formes ont été examinées non seulement au point de vue morphologique, mais aussi au point de vue ontogénique et phyllogénique. Grâce à la découverte de gros échantillons de *Pulchellia Favrei* Ooster, MM. Sarasin et Schöndelmayer ont considérablement modifié et complété la diagnose de cette espèce et en même temps celle du genre Pulchellia dans son ensemble. Plus loin un chapitre spécial est consacré à l'étude du genre *Desmoceras* et aux relations phyllogéniques qui rapprochent ce genre des *Holcodiscus*. A propos du genre *Crioceras*, les auteurs discutent les classifications adoptées par M. Uhlig et par M. Haug pour les innombrables espèces qu'il comprend et proposent une nouvelle classification basée sur les caractères des premiers tours. Enfin parmi les Lytoceratidés les genres *Hamulina, Ptychoceras* et *Bochianites* font l'objet d'une étude spéciale.

L'introduction et le chapitre final du travail traitent des caractères stratigraphiques de ces formations fossilifères qui peuvent être classifiées comme suit :

1° Le Berriasien (Couches à Pteropodes des auteurs) est représenté par des marnes grises tachetées par d'innombrables grains noirs ; on y trouve :

Haploceras Grasianum d'Orb.
Oppelia zonaria Op.
Hoplites pexiptychus Uhl.
Hoplites Thurmani Pict. et Camp.
» ex af. amblygonius N. et U.
» aff. Dalmasi Pict.

2° Le Valangien est constitué par un complexe de calcaires gris, très clairs, à grain fin, très compacts, en bancs minces alternant avec des marnes grises ; il renferme :

Hoplites Thurmani Pict. et Camp.
» neocomiensis d'Orb.
» regalis Bean.
» Leenhardti Kil.
» Mortilleti Pict. et de Lor.
Hoplites *Retowskyi* nov. sp.
» subchaperi Retow.
» Rütimeyeri Oost.
» oxygonius N. et U.

3° L'Hauterivien est caractérisé par la teinte beaucoup plus foncée et le grain beaucoup plus gros de ses calcaires, qui sont gréseux et deviennent même schisteux à la partie supérieure. Entre les bancs calcaires s'intercalent très irrégulièrement des zones marneuses et schisteuses. Les fossiles sont plus abondants que dans les étages inférieurs :

Phylloceras infundibulum d'Orb.
» Winkleri Uhl.
Schloenbachia cultrata d'Orb.
Holcostephanus Sayni Kil.

Digitized by Google

Phylloceras psilostomus N. et U.
Holcodiscus intermedius d'Orb.
Desmoceras ligatum d'Orb.
Hoplites angulicostatus d'Orb.
» *pseudo-Malbosi* nov. sp.
Hoplites balearis Nolan.
» *Renevieri* nov. sp.
Crioceras Duvali Lév.
» *Munieri* nov. sp.
» Villiersianum d'Orb.
» Quenstedti Ooster.
» Panescorsii Astier.
» Mulsanti Astier.
Bochianites Oosteri nov. sp.

4° Le Barrêmien est formé par des calcaires gris clair, compacts, à grain très fin, en bancs minces séparés par des lits de marnes schisteuses foncées. Il constitue ici le niveau de beaucoup le plus fossilifère, dont la faune est surtout caractérisée par l'abondance des *Lytoceras*, des *Hamulina*, des *Desmoceras*, des *Holcodiscus*, et des *Crioceras* ; il contient les espèces suivantes :

Phylloceras Tethys d'Orb.
Lytoceras subfimbriatum d'Orb.
» densifimbriatum Uhl.
» Phestus Math.
» raricinctum Uhl.
Costidiscus Rakusi Uhl.
Hamulina Astieriana d'Orb.
» Haueri Hohen.
» Meyrati Oost.
» subcylindrica d'Orb.
» hamus Qu.
» Davidsoni Coq.
» *parvula* nov. sp.
» Quenstedti Uhl.
» fumisuginum Hohen.
» af. cincta d'Orb.
» subcincta Uhl.
» Suttneri Uhl.
Ptychoceras Meyrati Oost.
» Morloti Oost.
» Emericianum d'Orb.
» Puzosianum d'Orb.
Bochianites Renevieri Oost.
Pulchellia Favrei Oost.
» Masyleus Coq.
Silesites vulpes Coq.
Holcodiscus van den Heckei d'Orb.
» Heeri Oost.
» Hugii Oost.
» Seunesi Kil.
» *Oosteri* nov. sp.
Desmoceras strettostoma Uhl.
» difficile d'Orb.
Desmoceras cassida d'Orb.
» cassidoïdes Uhl.
» psilotatum Uhl.
» Uhligi Haug.
» Boutini Math.
» ligatum d'Orb.
» *tenuicinctum* nov. sp.
» Neumayri Haug.
Aspidoceras Guerinianum d'Orb.
» Percevali Uhl.
Crioceras Villiersianum d'Orb.
» Lardyi Ooster.
» Emerici Lév.
» *clausum* nov sp.
» elegans d'Orb.
» annulare d'Orb.
» Tabarelli Astier.
» Terveri Ast.
» Couloni Oost.
» Picteti Oost.
» Meriani Oost.
» Morloti Oost.
» pulcherrimum d'Orb.
» Mulsanti Ast.
» Seringei Ast.
» Jourdani Ast.
» Moussoni Ast.
Leptoceras pumilum Uhl.
» Escheri Oost.
» Heeri Oost.
» Sabaudianum Pict. et de Lor.

Digitized by Google

Jura. — Dans son étude des **environs de Sainte-Croix**, M. TH. RITTENER[1] donne une description stratigraphique complète des dépôts crétaciques qui s'y trouvent.

Le Néocomien est particulièrement bien développé dans le ravin du Colaz au SE de Sainte-Croix et autour de l'Auberson. Quant à l'Urgonien, l'auteur en a relevé en détail trois profils, dont l'un à Flaugère au SW de Baulmes, le second vers le chalet de la Jougnenaz et le troisième dans le vallon de Noirvaux. L'Aptien n'affleure guère que dans le vallon de Noirvaux, et l'Albien avec le Cénomanien se trouvent dans la région de la Vraconne.

La série crétacique peut du reste se subdiviser comme suit :

1° Le **Valangien** débute par un calcaire finement oolithique ou compact, gris-bleu à l'intérieur, jaune à l'extérieur, qui devient plus blanc vers l'W, à l'Auberson et à la Côte aux Fées (marbre bâtard). A la partie supérieure de ce niveau s'intercalent des bandes marneuses avec coquilles d'huîtres, *Toxaster granosus* et *Terebr. valdensis.*

Le second terme de l'étage est formé par des calcaires jaunâtres, peu oolithiques qui renferment *Pygurus rostratus*, *Trigonia Sanctae-Crucis* et de nombreux moules de Nerinées. Au-dessus viennent les marnes d'Arzier avec une faune abondante, du reste bien connue, puis le calcaire roux ou calcaire échinodermique, glauconieux, en bancs minces, très riche en limonite à sa partie supérieure. Enfin le Valangien se termine par une zone de marnes à Spongiaires qu'il est nécessaire de séparer des formations analogues de la base de l'étage suivant ; ce niveau renferme en effet une faune bien caractérisée avec :

Cyprina valangiensis P. et C.
Ostrea tuberculifera Roem.
Terebratula Carteroni d'Orb.
» Collinaria d'Orb.
» Campichei Pict.
» valdensis de Lor.
» Aubersonensis Pict.
Waldheimia tamarindus d'Orb.
Terebrirostra neocomiensis d'Orb.
Rhynchonella Desori de Lor.
» valangiensis de Lor.
Cidaris pretiosa Des.
» pustulata Grep.
Pygurus rostratus Ag.

2° L'**Hauterivien** comprend les trois niveaux suivants :

a) Les marnes à Spongiaires qui renferment à la base des oolithes ferrugineuses et dont la faune comprend : *Bel. pistilliformis* Blainv., *Terebr. sella* Sow., *Waldh. Montmollini*

[1] TH. RITTENER. Etude géologique de la Côte aux Fées des environs de Sainte-Croix et Baulmes. *Mat. p. la Carte géol. de la Suisse*, nouv. série, XIIIe livr.

Digitized by Google

Pict., *Holaster intermedius* Münster, *Cidaris muricata* Roem., et de nombreux débris de Spongiaires. Cette couche, à peine épaisse de 1m5, correspond à la zone à *Holcost. Astieri.*

b) Les marnes à *Ostrea Couloni* forment un complexe d'environ 45 m. d'épaisseur, qui renferme à certains niveaux d'abondants fossiles et dans lequel l'auteur distingue une succession de couches différentes. Ces marnes sont divisées en trois parties inégales par l'intercalation de deux bancs calcaires, dont le premier est très riche en Panopées, tandis que le second renferme *Rhynch. multiformis* et *Pseudodiadema rotulare.* C'est surtout à la partie inférieure qu'*Ostrea Couloni* est abondante, ainsi que *Terebr. sella ;* à la partie supérieure on trouve *Ter. acuta*, *Ter. Marcousana*, *Rhynch. lata*, etc.... Près des Bourquins, M. Rittener a récolté plusieurs ammonites de ce niveau : *Hoplites Leopoldi*, *Hopl. radiatus.*

a) La Pierre jaune de Neuchâtel est représentée par une lumachelle à *Ter. Marcousana* et par un calcaire oolithique.

3° L'**Urgonien** proprement dit ou Barrêmien débute à la base par un faciès marno-calcaire, souvent coralligène et oolithique, qui n'est séparé de l'Hauterivien supérieur par aucune limite tranchée ; la faune de ce niveau se compose surtout de petits Gastéropodes et d'Echinides : *Cidaris Lardyi*, *Hemicidaris clunifera*, *Pygurus productus*, etc.... L'Urgonien supérieur est représenté par un calcaire blanc ou jaunâtre, compact ou cristallin, riche par places en *Requienia ammonia.*

4° Le **Rhodanien** apparaît sur divers points autour du synclinal de l'Auberson ; il se compose de marno-calcaires et de marnes ocreuses avec *Pterocera Desori ;* le niveau à Orbitolines paraît faire défaut.

5° L'**Aptien** est représenté par 2 à 3 m. de grès riche en quartz, parfois oolithique et glauconieux avec *Terebr. Dutemplei* et *Rhynch. Gibbsiana.*

6° L'**Albien** débute par 1 m. de sables verts, glauconieux, très riches en fossiles phosphatés ; un terme moyen est formé par 10 m. environ d'argiles foncées avec fossiles pyriteux ; puis l'Albien supérieur ou Vraconnien de M. Renevier se compose de grès à *Ostrea vesiculosa*, *Turrilites Puzosianus*, etc....

Digitized by Google

7° Le **Cénomanien** est représenté près de la Vraconne par des calcaires marneux gris-jaunâtres, pauvres en fossiles et épais seulement de quelques mètres.

Nummulitique et Flysch.

Nummulitique. — Je crois bien faire de citer une monographie sur les **Nummulites de l'Apennin** que M. P. Prever [1] a fait paraître dans les *Mémoires de la Société paléontologique suisse.* Quoique concernant une région étrangère, cette étude n'en a pas moins un intérêt considérable pour tous ceux qui s'occupent du Nummulitique alpin.

Dans son introduction, l'auteur émet à propos de l'évolution des Nummulites les principes suivants :

1° Les types les plus anciens connus parmi les Nummulites tertiaires sont des formes subréticulées (*N. planulata* Lam., *N. laevigata* Brug).

2° Les Nummulites subréticulées montrent en partie pour la première fois des granulations résultant du renflement local soit des stries mêmes, soit des digitations de celles-ci qui forment le réseau cloisonnaire.

3° Les Nummulites subréticulées sans granulations ont donné naissance aux formes striées par réductions graduelles des ramifications des stries, qui tendent à prendre une forme subdroite, falciforme ou sigmoïde.

4° Les granulations des formes striées dérivent : *a*) du fractionnement des mamelons des formes subréticulées ; *b*) des granulations des formes réticulées granulées ; *c*) du renflement local des stries des formes striées.

5° Les formes subréticulées ont engendré les formes réticulées proprement dites (*N. intermedia*, *N. Bronguiarti*) par le développement progressif des mailles du réseau cloisonnaire et par la régression des renflements.

M. Prever propose de conserver le terme Nummulites comme une désignation générale et de distinguer dans l'intérieur de ce cadre assez vaste trois genres : les *Assilina* avec des tours non enveloppants et une coquille discoïdale, les *Camerina* avec des tours enveloppants et des cloisons réticulées, et les *Lenticulina* avec des tours enveloppants et des cloisons rayonnantes ou méandriformes. Les Camerina

[1] P. Prever. Le Nummuliti della Forca di Presta nell'Apennino centrale e dei Dintorni di Potenza nell'Apennino meridionale. *Mém. Soc. pal. suisse*, t. XXIX, 121 p., 8 pl.

Digitized by Google

se diviseraient à leur tour en deux sous-genres : *Laharpeia* sans granulations et *Bruguieria* avec granulations; de même on distinguerait dans les Lenticulina les *Gümbelia* granulées et les *Hantkenia* non granulées.

Après avoir étudié en détail un grand nombre d'espèces, l'auteur consacre la dernière partie de son travail à la distribution géologique des Nummulites. Il montre que les Bruguieria (*Br. planulata*, *Br. elegans*) sont surtout abondantes dans l'Yprésien, que les Laharpeia (*L. tuberculata*, *L. Lamarcki*) sont caractéristiques du Lutétien inférieur, les Gumbelia (*G. aturica*, *G. lenticularis*) du Lutétien moyen et les Assilina du Lutétien supérieur et du Bartonien. Quant aux Hantkenia elles apparaissent dans le Bartonien et se continuent jusque dans l'Oligocène.

M. Ch. Sarasin[1] a étudié le Nummulitique dans les chaînes des Vergys et des Aravis et a constaté en particulier la superposition directe du Nummulitique sur l'Urgonien dans l'anticlinal de la Clusaz.

M. H. Douxami[2], après avoir constaté que les **dépôts éogènes du massif de Platé** présentent une analogie incontestable avec les formations correspondantes des Bauges d'une part, du massif des Diablerets de l'autre, distingue dans cette série stratigraphique les niveaux suivants :

1° Un conglomérat à cailloux calcaires et à silex qui n'existe que par places et qui paraît représenter le niveau à *N. perforata* et *N. Lucasana*.

2° Des schistes gréseux bruns foncés et des calcaires durs qui forment généralement la base du Nummulitique, et qui renferment des bancs de poudingues et de grès siliceux.

3° Des calcaires foncés devenant gris clair à l'air et renfermant des bancs de grès très riches en petites Nummulites indéterminées.

4° Des calcaires schisteux foncés à Fucoïdes.

5° Des grès micacés en bancs séparés par des lits de schistes à Fucoïdes, auxquels s'associent à différents niveaux des grès de Taveyannaz.

Flysch. — M. R. Zuber[3], après avoir montré que le Flysch n'est ni une conception purement stratigraphique, puisqu'il

[1] Ch. Sarasin. Quelques observations sur la région des Vergys, des Annes et des Aravis. *Eclogæ*, vol. VII, p. 321-333.

[2] H. Douxami. Revision de la Feuille d'Annecy, massif de Platé. *Bull. 85 des services de la Carte géologique de France*, mars 1902.

[3] Rud. Zuber. Ueber die Entstehung des Flysch. *Zeitschrift. für prakt. Geol. August.*, 1901.

Digitized by Google

comprend à la fois des formations crétaciques et tertiaires, ni une conception lithologique, puisqu'on y fait rentrer des grès, des conglomérats, des schistes, etc..... le définit comme étant un complexe en général très puissant, à la composition duquel prennent part des grès très divers, des argiles en général schisteuses, des marnes en général aussi schisteuses et contenant des Fucoïdes, des brèches et des conglomérats tantôt calcaires, tantôt polygéniques. Ces divers faciès s'enchevêtrent de façons très variées, en sorte que le Flysch, tout en conservant partout une remarquable uniformité d'ensemble, diffère immensément suivant les régions dans le détail de sa constitution.

Les restes organisés sont en général très rares dans le Flysch ; ce sont le plus souvent des Fucoïdes, quelquefois des algues (Lithothamnium), des Nummulites, exceptionnellement des débris de Mollusques ou de Brachiopodes ; les débris végétaux y sont relativement plus abondants que les débris animaux.

Quant à son origine le Flysch est incontestablement un sédiment marin du type littoral. Pour préciser davantage son mode de formation, M. Zuber se base sur les observations qu'il a pu faire sur la sédimentation qui s'opère actuellement dans la région du delta de l'Orenoco (Vénézuela). Le golfe de Paria, enserré entre l'Ile de la Trinité et la côte, ne communique avec la mer que par deux ouvertures ; il reçoit d'autre part des cours d'eau abondants. Ceux-ci, par le fait du climat tropical et des variations très marquées qui se produisent dans la quantité des précipitations atmosphériques, ont un débit excessivement variable, et d'autre part le jeu des marées est très accusé sur toute cette partie de la côte. Il en résulte que les conditions de la sédimentation changent constamment sur un même point, qui peut être successivement asséché et immergé, et sur lequel pourront se déposer les uns avec les autres des sables, des argiles, des graviers, etc.... Les restes d'organismes sont très rares dans ces dépôts, parce que la plupart des animaux ne peuvent pas vivre dans des conditions aussi inconstantes et que ceux qui s'y adaptent subissent une destruction rapide, soit par la trituration des vagues, soit par la décomposition activée par la chaleur. Ainsi les dépôts qui se forment actuellement dans le golfe de Paria ressemblent en tous points à ceux du Flysch et l'auteur en conclut que ces derniers ont dû se former dans des conditions analogues, c'est-à-dire sur une ligne de côte, près de l'embouchure de cours d'eau

Digitized by Google

importants, et sous un climat tropical caractérisé par de grandes variations dans la quantité des chutes de pluie suivant les saisons.

M. A. GREMAUD [1] a signalé une curieuse empreinte observée par lui sur un bloc de grès du Flysch provenant de Rueyres-Saint-Laurent et qui paraît être une empreinte de plante.

SIDÉROLITHIQUE.

M. G.-H. STEHLIN [2] ayant repris l'étude des restes de Mammifères découverts dans une fissure remplie de Sidérolitique et ouverte à l'extrémité septentrionale du Mont de Chamblon, a pu y reconnaître les espèces suivantes : *Lophiodon cfr. isselense* Cuv., *Chasmotherium Cartieri* Rüt., *Propaleotherium isselanum* Gerv., *Lophiotherium* sp., un Pachynolophidé indéterminé, *Paloplotherium Depereti* nov. sp., *Paloplotherium Rütimeyeri* nov. sp., deux Artiodactyles des groupes du *Mixtotherium* et du *Hyopotamus*, *Sciurius spectabilis* F. Maj., un grand Carnivore et un Crocodilien.

MM. L. ROLLIER et E. JUILLERAT [3] ont donné la description d'une **poche sidérolithique creusée dans le Valangien inférieur**, qui a été mise au jour par un éboulement survenu le 6 avril 1902 dans les carrières du Goldberg entre Bienne et Vigneules. Cette poche, remplie de marnes albiennes avec concrétions et fossiles phosphatés, se trouve dans le flanc S d'une petite voussure secondaire du marbre bâtard et des calcaires oolithiques à *Pteroc. Jaccardi* ; elle s'est du reste sûrement creusée avant la fin du plissement, car le bolus inclus est coupé par de nombreux plans de friction et les blocs qu'il renferme portent d'abondantes traces de frottements. Les parois du Valangien encaissant sont nettement corrodées ; le remplissage est formé d'argile et de limon plus ou moins décalcifiés, de couleur jaune ; il est traversé par des veines roses ou rouges, qui indiquent l'origine albienne

[1] A. GREMAUD. Bizarreries sur le grès du Flysch. *Bull. Soc. fribourg. des sc. nat., C. R.*, 1901-1902, t. X, p. 23.

[2] G.-H. STEHLIN. Mammifères découverts dans le Sidérolithique du Mont de Chamblon. *C. R. des travaux Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 121, et *Archives Genève*, t. XIV, p. 495. Voir aussi Ueber die Säugethier-fauna aus dem Bohnerz des Chamblon bei Yverdon. *Eclogæ*, vol. VII, p. 365.

[3] L. ROLLIER et E. JUILLERAT. Sur une nouvelle poche sidérolithique à fossiles albiens. *Archives Genève*, t. XIV, p. 59-68.

Digitized by Google

ou cénomanienne du bolus, origine qui est du reste confirmée par la présence de fossiles pyriteux caractéristiques : *Rostellaria bicornis* Pict. et Camp., *Nucula pectinata* Sow. Dans ce limon sont noyés des paquets d'un calcaire marneux rose pâle, absolument semblable au Cénomanien du pied du Jura ; on y trouve en outre de nombreux rognons de phosphates albiens et des blocs de calcaires hauteriviens. Les fossiles assez abondants découverts dans ce bolus appartiennent aux espèces suivantes :

Acanthoceras monile Sow. (= Am. mamillaris d'Orb.).
Desmoceras Parandieri d'Orb.
Hoplites Raulinianus d'Orb.
Hoplites dentatus Sow. (= Am. interruptus Brong.).
Rostellaria obtusa Pict. et R.
Solarium Hugianum Pict. et R.
Pleurotomaria cf. gaultina d'Orb.
Dentalium Rhodani Pict et R.
Plicatula pectinoïdes Lam. (= Pl. gurgitis Pict. et R.).
Inoceramus Salomonis d'Orb.
» concentricus Sow.
Nucula pectinata Sow.
Arca carinata Sow.
» Campichei Pict. et R.
Trigonia aliformis Park.

En comparant la poche du Goldberg avec d'autres phénomènes analogues du pied du Jura, on constate que, tandis que dans la première ce sont les fossiles albiens qui prédominent presque exclusivement, on trouve dans d'autres poches des fossiles tantôt albiens, tantôt néocomiens, tantôt portlandiens, kimmeridgiens ou même séquaniens. Ainsi le matériel de ces remplissages a été emprunté à des roches très diverses, qui étaient traversées pendant la période éocène, peut-être déjà pendant la fin de la période crétacique, par des eaux acidulées. Mais, grâce à la nature marneuse de leurs dépôts, l'Albien et l'Hauterivien inférieur se prêtaient mieux que d'autres au travail de la lévigation et ils ont contribué pour une plus grande part à la constitution des bolus sidérolithiques. C'est des fossiles pyriteux de l'Albien que dérive en particulier l'oxyde de fer si abondant dans certains dépôts de cette catégorie. Il faut donc considérer avec Thurmann le Sidérolithique comme une apophyse latérale des roches infracrétaciques et albiennes, d'autant plus décomposées qu'on s'approche davantage de l'ancien rivage septentrional des mers crétaciques.

M. L. Rollier[1], reprenant la question générale des **poches sidérolithiques**, admet que c'est l'Albien qui, dans le Jura neuchâtelois, a fourni en grande partie les bolus qui

[1] L. Rollier. Une nouvelle poche fossilifère de sables sidérolithiques. *Bull. Soc. neuch. des sc. nat.*, t. XXIX, 1900-1901, p. 57-66.

Digitized by Google

les remplissent. Dans la poche étudiée par M. Schardt dans la carrière de Gibraltar près Neuchâtel le remplissage dérive presque entièrement des sables du Gault ; dans la poche des Fahys près Neuchâtel le bolus renferme des fossiles albiens phosphatés.

L'auteur décrit ensuite une fissure ouverte dans le Rauracien et remplie par du sable sidérolithique, qui est visible au bord de la grande route Délémont-Bâle en face de la gare de Liesberg. Dans cette poche, du reste peu considérable le sable est disposé par couches ondulées dans lesquelles alternent des lits de bolus jaune et de sable calcaire, spathique. D'autres canaux sidérolithiques plus ou moins évidés traversent la roche ambiante et sont en communication les uns avec les autres. Il est peu probable que les bolus de ce système de poches proviennent du Dogger, comme l'admet M. Schardt, parce qu'aucun des canaux ne traverse l'Oxfordien. Les grains de quartz qu'on y trouve ont à peine 1 mm. de diamètre et sont arrondis, hyalins, rarement colorés ; ils proviennent probablement des bancs ferrugineux des étages infracrétaciques, ainsi que le bolus rouge. Quant au sable calcaire spathique, il renferme d'abondants débris de fossiles rauraciens peu corrodés parmi lesquels prédominent les radioles de *Cidaris florigemma* Phil., de *Cid. Blumenbachi* Goldf., d'*Hemicidaris crenularis* Ag., d'*Hemic. intermedia* Forbes, des fragments de tiges de *Pentacrinus amblyscalaris* Th., des *Lithodomus* et des débris de polypiers. Par analogie avec certains phénomènes actuels on peut admettre que ces poches se sont formées par la dissolution des parties amorphes ou crayeuses des calcaires rauraciens, tandis que les parties spathiques ont résisté ; le sable calcaire dérive du Rauracien, tandis que les éléments siliceux ne peuvent pas provenir des calcaires du Jurassique supérieur.

Mollasse.

Dans une notice consacrée aux **formations mollassiques comprises entre Alpes et Jura**, M. H. Douxami[1] commence par émettre l'opinion que toute la mollasse des environs de Genève et de la région au N de l'Arve est un dépôt lagunolacustre d'âge aquitanien et que les grès des Voirons représentent la partie supérieure du Flysch.

[1] H. Douxami. Revision des Feuilles d'Albertville, Annecy et Thonon. Région synclinale comprise entre les Alpes et le Jura. *Bull. 85 des services de la Carte géol. de la France*, p. 5-8.

Digitized by Google

Sur le plateau des Bornes au S du Salève, l'Aquitanien débute par des grès foncés, durs, à petits lits de marnes, qu'on peut observer de Saint-Laurent à Annecy tout le long de la chaîne alpine. Au-dessus viennent des marnes rouges, des schistes argileux et des grès avec lignites par places, qui sont surmontés dans la vallée de Lescheraines par des bancs de grès épais alternant avec des marnes bariolées et appartenant peut-être au Burdigalien tout à fait inférieur.

Dans le synclinal de Saint-Julien au N du Salève, l'Aquitanien est beaucoup moins développé ; la base est formée par des marnes bigarrées noduleuses à *Helix Ramondi*, par des grès bigarrés avec des intercalations de gypse et par des calcaires d'eau douce à *Planorbis cornu* et *Pl. declivis*. La partie supérieure se compose de grès plus ou moins marneux passant à la mollasse marine à *Pecten præscabriusculus*.

D'autre part, M. H. Douxami [1] a publié des renseignements nouveaux sur les **formations tertiaires de la vallée de Bellegarde :**

Les premiers dépôts tertiaires connus dans cette région sont des sables blancs ou jaunâtres qui reposent indifféremment sur les divers niveaux du Crétacique inférieur ou du Jurassique supérieur et qui correspondent au Sidérolithique du Salève.

L'Oligocène, qui s'appuie tantôt sur ces sables, tantôt sur le Gault ou l'Urgonien comprend trois termes distincts :

1° Marne bigarrée avec intercalations de conglomérats à éléments jurassiens.

2° Complexe de marnes, d'argiles et de sables avec lentilles de gypse et bancs de calcaires lités.

3° Grès et marnes gréseuses qui passent à la mollasse à *Pecten præscabriusculus*.

Le Miocène est représenté par un puissant complexe de grès avec lits de graviers alpins (250 m.) qui renferme un grand nombre de fossiles, qui correspond au Burdigalien et à l'Helvétien inférieur et qui termine ici la série tertiaire.

Enfin c'est dans une région voisine que MM. Ch. Depéret et H. Douxami [2] ont étudié au point de vue stratigraphique

[1] H. Douxami. Les formations tertiaires et quaternaires de la vallée de Bellegarde. *Bull. de la Soc. d'hist. nat. de Savoie*, 1901.

[2] Ch. Depéret et H. Douxami. Les vertébrés oligocènes de Pyrimont-Challonges. *Mém. de la Soc. pal. suisse*, t. XXIX, 1902.

Digitized by Google

et paléontologique le **gisement oligocène de Pyrimont-Challonges.**

Après avoir traversé pendant la fin du Crétacique et l'Eocène une période d'émersion et d'érosion, le synclinal de Bellegarde a été occupé à l'époque oligocène par une grande lagune, qui s'étendait à l'W jusqu'au bassin de Belley, au S et au SE jusqu'à Novalaise et Chambéry, et qui communiquait vers l'E avec la lagune de la plaine suisse. C'est alors que se déposa un complexe de grès et de poudingues, qui renferme des lignites, des débris végétaux et des ossements de Mammifères. Ces conditions se sont perpétuées jusqu'à la fin du Burdigalien, époque à laquelle la transgression helvétienne a mis cette lagune en communication directe, soit avec le bassin du Rhône, soit avec le bassin mollassique suisse, bavarois et autrichien, en lui donnant du reste une beaucoup plus grande extension. Puis, à la fin de la période tortonienne les eaux marines abandonnèrent définitivement la région.

Vers les exploitations d'asphalte de Challonges, au bord du Rhône et en face de Pyrimont, on peut relever la coupe suivante :

1° Un conglomérat calcaire, qui ravine l'Urgonien sous-jacent jusqu'à une profondeur de 40 m. au-dessus du niveau du Rhône et paraît avoir comblé le fond d'une ancienne vallée assez différente de la vallée actuelle.

2° Des sables verdâtres argileux renfermant des débris de Mammifères.

3° Des argiles bariolées associées à des grès mollassiques qui passent à leur partie supérieure à

4° La Mollasse à *Pecten praescabriusculus*.

La partie paléontologique de ce travail est consacrée à l'étude spéciale des restes de Mammifères contenus dans le niveau 2, qui permettent de considérer ce dernier comme appartenant à l'Aquitanien inférieur, et qui se répartissent de la façon suivante :

Famille des Rhinocérotidés : Diceratherium asphaltense nov. sp. est voisin de *Dic. pleuroceros* Duv., dont il se distingue par ses dimensions plus grandes et par son crâne plus étroit et plus allongé avec des os nasaux à peine recourbés vers le bas à leur extrémité et portant les cornes très en avant; en outre *Dic. asphaltense* ne possède pas la crête occipitale très élevée de *Dic. pleuroceras*, ses crêtes sagittales

Digitized by Google

sont séparées, ses membres sont courts et trapus et les pattes antérieures portent quatre doigts. *Aceratherium minutum* Cuv. est représenté par une incisive inférieure et une série complète de molaires inférieures ; il caractérise spécialement le Stampien et l'Aquitanien.

Famille des Tapiridés : Paratapirus helveticus v. Meyer et *Paratapirus intermedius* Filhol. M. Depéret crée ici le nom de Paratapirus pour des formes qui se distinguent des Tapirus proprement dits par leur mâchoire plus hétérodonte avec des prémolaires supérieures plus transverses pourvues d'un lobe antero-interne plus étroit que le lobe postero-interne.

Famille des Anthracothériidés : Brachyodus porcinus Gervais présente des caractères nettement intermédiaires entre *Anthracotherium* et *Ancodus*.

Famille des Suidés : *Palaeochoerus Meissneri* v. Meyer, très répandu dans l'Oligocène supérieur de France, de Suisse et d'Allemagne, n'est représenté à Challonges que par 1 $\overline{m}^3$. *Doliochoerus* sp. n'est connu que par deux incisives probablement supérieures dont la détermination n'est pas certaine.

Famille des Anoplothériidés : *Coenotherium commune* Bravard.

Famille des Cervulidés : Amphitragulus elegans est représenté par des dents isolées en assez grand nombre, grâce auxquelles les auteurs ont pu reconstituer des séries inférieures et supérieures presque complètes.

Famille des Mustellidés : Plesictis robustus Pom.

Famille des Canidés : Amphicyon lemanensis Pom. var. *leptorhynchus* se distingue de *Amph. lemanensis* proprement dit par la réduction du denticule postero-interne de la troisième tuberculeuse supérieure et marque ainsi une transition à *Amph. ambiguus*.

Famille des Castoridés : Steneofiber (*Chloromys*) *Eseri* v. Meyer.

Familles des Eomydés nov. fam. : *Rhodanomys Schlosseri* nov. gen. et nov. sp. est un type très spécial qui n'est du reste connu que par une demi mandibule droite montrant la racine de la canine et les quatre molaires. Il se rapproche de *Eomys* Schlosser, dont il diffère par ses denticules réunis deux par deux en des crêtes transverses sinueuses.

Famille des Lagomydés : Titanomys visenoviensis v. Meyer.

Digitized by Google

Famille des Myogalidés : Echinogale gracilis Pom. est représenté ici par deux fragments de mandibules, de forme allongée, avec une canine à racine biphide et couronne élevée, triangulaire, quatre prémolaires uniradiculées et trois molaires à racine double formées de deux lobes subégaux.

Cheïroptères : Palaeonycteris robustus Pom., *Amphiperatherium rhodanicum* nov. sp. se rapproche plus spécialement des Amphiperatherium déjà connus, mais présente des caractères de passage aux *Peratherium*, en particulier les dimensions relativement fortes de $\bar{p}^3$ et l'apparition de denticulations sur le tranchant interne du talon de $\bar{m}^4$.

M. Depéret a découvert en outre un débris d'oiseau appartenant probablement à un *Palaelodus*, quelques dents et plaques dermiques de Crocodiliens, des pièces costales de *Trionyx* et des fragments de carapace d'un Emide d'assez grande taille.

En comparant la faune de Pyrimont-Challonges avec celle d'autres gisements, on est de suite frappé de l'analogie qu'elle offre avec celle des calcaires aquitaniens à phryganes de Saint-Geraud-le-Puy dans le Bourbonnais, avec laquelle elle possède sept espèces en commun. Cette faune se rapproche d'autre part de celle de la Mollasse d'eau douce aquitanienne de Rochette près Lausanne et surtout de celle des célèbres calcaires lacustres des environs d'Ulm et de Mayence. Le gisement de Pyrimont appartient donc sans aucun doute à l'Oligocène supérieur et constitue un véritable trait de jonction géographique entre les gisements du bassin de l'Allier d'une part, ceux du haut bassin du Danube et de la vallée du Rhin de l'autre.

M. G.-H. Stehlin[1], se basant sur la présence dans la Mollasse grise de Lausanne de *Palæochoerus Meissneri*, de *Coenotherium* sp., *Dremotherium* sp., *Tapirus* sp., etc.,... et sur l'absence complète des formes dont l'immigration en Europe a marqué le début du Miocène, admet le parallélisme complet de cette formation avec l'Aquitanien de Saint-Gérand-le-Puy et la place dans l'Oligocène, tandis que MM. Depéret et Douxami la considéraient comme appartenant à la base du Miocène.

Les lignites de Greit (Hohe-Rhonen) sont synchroniques de la Mollasse grise, tandis que les lignites de la Rochette

[1] G.-H. Stehlin. La limite entre l'Oligocène et le Miocène en Suisse. *C. R. des travaux Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 119-121. *Archives Genève*, t. XIV, p. 492-494. Voir aussi *Eclogæ*, vol. VII, p. 360-365.

Digitized by Google

avec *Anthracotherium valdense* appartiennent déjà à l'Aquitanien inférieur. Les couches d'Aarwangen avec de grands *Anthracotherium* et des *Hyopotamus* rentrent dans le Stampien des géologues français et la faune de Bumbach près de Schlangnau paraît représenter le Sannoisien. Ainsi les faunes de Mammifères de la Mollasse d'eau douce inférieure se répartissent sur tout l'Oligocène.

Dans son étude des **environs de Sainte-Croix**, M. Th. Rittener [1] a examiné en détail la stratigraphie des dépôts tertiaires du synclinal Auberson-Noirvaux. Le Tertiaire est ici partout transgressif sur le Crétacique ou le Jurassique ; la série débute sur le flanc W du vallon de Noirvaux par un complexe de marnes rouges à *Helix Eckingensis* Kl. et *Helix leptotoma* Braun, dans lesquelles s'intercalent des bancs de poudingues calcaires ; des affleurements analogues se retrouvent au Grand et au Petit Suvagnier ; au Locle il existe une gompholite toute semblable qui est considérée sans raison comme d'âge tongrien. En réalité ces marnes correspondent à l'Aquitanien inférieur.

L'Aquitanien proprement dit a été mis au jour sur la route de la Chaux jusque près du village ; M. Rittener en donne la coupe suivante :

1° Marne rouge de l'Aquitanien inférieur.

2° Calcaire lacustre inférieur (3 m.).

3° Marnes grises, brunâtres ou verdâtres à Mélanies, sableuses à la base (15 m.).

4° Calcaire lacustre supérieur, moins grossier et moins poreux que le calcaire inférieur, compact, en bancs réguliers de 0m5 à 1m5 séparés par des lits de marnes grumeleuses avec des Helix et des Mélanies (10 m.).

L'Aquitanien existe du reste en divers points du bassin de l'Auberson ainsi que dans les environs de Buttes et dans le vallon de la Jougnenaz. D'après l'opinion de M. Douxami, l'ensemble de ces dépôts appartiendrait à l'étage burdigalien à l'exception des marnes rouges de la base qui seraient aquitaniennes ; mais il n'y a pas d'arguments péremptoires en faveur de cette manière de voir, aussi, quoiqu'il reconnaisse que la superposition directe de l'Helvétien sur le calcaire d'eau douce supérieur parle plutôt en faveur de l'âge

[1] Th. Rittener. Etude géologique de la Côte aux Fées et des environs de Sainte-Croix et Baulmes. *Mat. p. la Carte géol. de la Suisse*, nouv. série, XIII Livr.

Digitized by Google

burdigalien de ce dernier, M. Rittener conserve-t-il la dénomination générale d'Aquitanien adoptée pour l'ensemble de ces dépôts d'eau douce par les géologues jurassiens.

L'Helvétien prend une grande extension dans le bassin de l'Auberson où il débute par 50 m. environ d'alternances de marnes et de sables. Sur cette série apparaît un banc de poudingue à *Ostrea crassissima*, puis l'étage se termine par des mollasses marneuses plaquetées, qui renferment des dents de squales. La Mollasse marine affleure d'autre part dans le vallon de Noirvaux, au Grand Suvagnier et dans le synclinal qui longe au N les Aiguilles de Baulmes.

Jusqu'ici l'ensemble de la **Nagelfluh du massif du Napf** était considéré comme appartenant à la Mollasse d'eau douce supérieure, quoique les données paléontologiques sur ce complexe fussent restées très incomplètes. M. E. Kissling [1] a découvert récemment dans les formations mollassiques de cette région deux niveaux fossilifères bien caractérisés qui permettent d'en préciser la stratigraphie. Il mentionne deux profils particulièrement instructifs à ce point de vue, qui se trouvent tous deux dans le bassin de l'Ilfis, affluent de l'Emme.

La vallée du Gol, qui débouche dans celle de l'Ilfis en amont de Langnau, présente sur son flanc droit au N de Kammershaushüsli un abrupt formé de Nagelfluh, à la partie supérieure duquel s'intercalent des bancs de grès très riches en *Cardium multicostatum* Broc. Un peu plus haut dans la même vallée on trouve le profil suivant :

1° Mollasse marneuse, tendre, grise, avec quelques bancs de poudingues.

2° Mollasse dure à gros grain avec de rares zones de graviers et des intercalations lenticulaires de marnes rouges et jaunâtres. Ce niveau renferme des dents de *Lamna cuspidata* et des moules de *Tapes* qui indiquent nettement son caractère marin.

3° Nagelfluh.

La partie inférieure des couches du Golgraben appartient donc à la Mollasse marine.

Un peu au N dans la vallée du Flederbach on peut voir reposer sur ce même complexe 5 à 6 m. de marnes brunâtres et verdâtres, qui renferment une zone charbonneuse à

[1] E. Kissling. Die Meeresmolasse im Emmenthal. *Mittheil. der naturf. Gesell. Bern*, année 1901, p. 98.

Digitized by Google

Helix inflexa Klein et qui sont surmontées par un nouveau banc de Nagelfluh. La même succession se retrouve sur le flanc du Hochgrat et dans la vallée de l'Ober Trittenbach, où les marnes contiennent de véritables lits de charbon et ont fourni d'autre part quelques fossiles, parmi lesquels : *Glandina inflexa var. porrecta* Gob., *Patula euglyphoïdes* Sandb., *Helix inflexa* Klein, *Pupa Schübleri* Klein, *Cyclostoma consobrinum* Meyer, *Melanopsis Kleinii* Kurr., *Helix Leymeriana* Noul., *Ancylus deperditus* Desm., *Planorbis declivis* Sandb.

D'autre part M. Kissling a relevé dans le Ilfisgraben au S de Langnau le profil suivant :

A partir de l'altitude de 800 m., le ruisseau traverse des alternances de grès et de marnes à *Lamna cuspidata*, puis au-dessus un grès plaqueté à *Mactra triangula* Rein. et à *Tapes*. Sur ce complexe, qui appartient évidemment à la Mollasse marine, repose la Nagelfluh ; celle-ci supporte à son tour des marnes bleuâtres avec un lit charbonneux, qui correspondent sans doute aux dépôts d'eau douce découverts au N de l'Ilfis et qui contiennent du reste la même faune.

Ainsi, contrairement à l'opinion émise par Kaufmann, il y a ici non pas passage latéral de la Mollasse marine à la Mollasse d'eau douce supérieure, mais superposition de la seconde sur la première, et cette Mollasse marine de la région de l'Ilfis se raccorde avec les couches marines de Schwendlenbad, de Häutlingen, etc....

M. Kissling [1] a signalé dans une seconde notice la découverte dans la Mollasse marine du Marbachgraben au Belpberg d'un piquant bien conservé de 8 cm. de longueur, qui paraît se rapprocher beaucoup de celui qui a été figuré par Agassiz sous le nom de *Myliobates Oweni*.

Enfin, dans le bassin supérieur de l'Ilfis, au-dessus du hameau de Dorbach, M. Kissling [2] a relevé à travers la Mollasse le profil suivant :

1° Mollasse grise avec veines charbonneuses irrégulières.
2° Marne grise sableuse (0m45).
3° Schiste charbonneux (0m02).
4° Marnes foncées, charbonneuses à *Sabal major* (0m15).

[1] E. Kissling. Stachel eines Rochen aus der Meeresmolasse des Belpberges. *Ibidem*, p. 101.
[2] E. Kissling. Neue Fundstelle fossiler Pflanzen aus der Molasse des Bäuchlen. *Ibidem*, p. 102.

Digitized by Google

5° Marnes calcaires avec *Cinnamomum spectabile* Heer, *Cin. polymorphum* Br., *Unio Lavateri* Münst., et des Mélanies indéterminées.

Dans une étude des **formations miocènes du N de la Suisse**, M. ROLLIER [1] a confirmé l'opinion émise déjà par M. Depéret, d'après laquelle le calcaire grossier du Randen, qui repose directement sur le Malm, appartiendrait au niveau de la Mollasse de Saint-Gall. En effet, ce calcaire renferme des galets identiques à ceux qu'on retrouve plus au N dans la Haute-Souabe inclus dans des mollasses superposées au Muschelsandstein. Ces couches à galets vindéliciens de Souabe et du Randen doivent être considérées comme le prolongement des poudingues à *Ostrea crassissima*, qui prennent un grand développement dans le canton de Zurich, dans la vallée de la Sitter (Saint-Gall) et dans le Pfänder (Bregenz) et qui occupent partout le niveau supérieur à *Cardium commune*. Les galets, toujours les mêmes, peuvent servir ici à déterminer un parallélisme au même titre que des fossiles ; en tout cas ils n'existent jamais dans le Burdigalien du NE de la Suisse.

Les fossiles suivants ont été récoltés au sommet du Randen près de la ferme Klausenhof :

Helix Leymeriana Noul.
Cyprea amygdalum Broc.
Nassa subpolita d'Orb.
Columbella curta Duj.
Melanopsis citharella Mer.
Cerithium lignitorum Eichw.
» helveticum Mayer.
Neritina Moeschi Mayer.
Nerita Laffoni Mer.
Turritella bicarinata Eichw.
Trochus famulum Gmel.
Monodonta miocenica Mayer.
Natica catenata Da Costa.
Patella scutellaris Lam.
Ostrea adriatica Lam.
» argoviana Mayer.
» crassissima Lam.
Cardium multicostatum Broc.
Cellepora sphaerica Miller.

M. Rollier conclut de ses recherches que la Mollasse grise de Lausanne et le grès coquillier, ainsi que leur équivalent subalpin la Mollasse de Saint-Gall, appartiennent à une première phase de la trangression subalpine (Burdigalien de M. Depéret), tandis que la Mollasse à *Ostrea crassissima* représente le niveau de Grund et des faluns de la Touraine.

Poursuivant ses études sur les formations mollassiques, M. L. ROLLIER [2] a cherché à déterminer **l'âge de la Nagelfluh**

[1] L. ROLLIER. Le calcaire grossier du Randen et l'Helvétien dans le N de la Suisse. *Archives Genève*, t. XIV, p. 642-649.

[2] L. ROLLIER. Sur l'âge du conglomérat subalpin ou Nagelfluh de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. I, p. 684, 685.

Digitized by Google

ou plus exactement des conglomérats subalpins qu'on réunit sous ce nom en les rapportant tantôt à la Mollasse d'eau douce inférieure, tantôt à la Mollasse marine, tantôt à la Mollasse d'eau douce supérieure. Une série de coupes relevées au N du lac de Constance, dans le Bregenzerwald, et dans les cantons de Saint-Gall et d'Appenzel lui ont montré que les conglomérats sont toujours dans cette région supérieurs à la Mollasse d'eau douce inférieure, qu'ils appartiennent pour la plupart à l'Helvétien (Gäbris, Speer, Rossberg, Righi) et qu'ils existent exceptionnellement à un niveau supérieur (Pfänder, Sitterbrücke au N de Saint-Gall, Schwarzenberg). Les conglomérats subalpins constituent une zone au pied des Préalpes suisses et sont chevauchés vers le S par le Flysch, la Mollasse oligocène étant dans la règle pincée ou éliminée suivant ce plan de chevauchement important.

Enfin, M. L. ROLLIER[1] poussant ses recherches jusque dans l'Allemagne méridionale a été amené à discuter l'âge des calcaires à *Helix sylvana* dans une notice que je me contenterai de citer, puisqu'elle ne concerne que très indirectement notre pays.

M. J. WEBER[2] a entrepris une étude des environs du lac de Pfäffikon et consacre une partie de son travail aux dépôts tertiaires. Du reste, la formation la plus ancienne qui affleure ici est la Mollasse d'eau douce supérieure, représentée par un complexe de conglomérats et de grès avec quelques zones marneuses peu importantes. Les cailloux inclus dans les poudingues, qui peuvent atteindre la grosseur du poing, sont liés par un sable imparfaitement agglutiné, se désagrégeant avec une grande facilité ; les éléments calcaires sont souvent impressionnés et les éléments quartzeux sont partiellement polis et striés. Des granites et des quartzites rouges ou verts se mêlent aux galets calcaires et donnent à l'ensemble de la formation un caractère franchement polygénique.

Les grès ne forment que des couches peu épaisses entre les bancs de conglomérat ; ils sont tendres et de couleur grise ou jaunâtre ; les couches marneuses sont rares, et les calcaires d'eau douce sont plus rares encore.

[1] L. ROLLIER. Sur l'âge des calcaires à Helix sylvana. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e série, t. II, p. 278-288.

[2] J. WEBER. Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffikersee. *Mittheil. der naturwiss. Gesell. in Winterthur*, 1900-1901.

Digitized by Google

M. H. Wegelin [1] a exploité un gisement de grès contenant des débris végétaux, qui a été mis au jour par les travaux de la nouvelle route de Frauenfeld à Gerlikon à travers l'Oberholz. Cette flore étudiée par MM. Früh et Rollier contient les éléments suivants :

Acer tribolatum Stbg.
Cinnamomum Buchii Heer.
» lanceolatum Unger.
» polymorphum A. Br.
» Rossmässleri Heer.
Daphnogene Ungeri Heer.
Populus balsamoïdes Göppert.
» latior A. Br.
» mutabilis Heer.
Quercus myrtilloïdes Unger.
» urophylla Heer.
» Weberi Heer.

Un gisement analogue a été découvert à la sortie SE du village de Tagerweilen, mais ici la flore, moins variée, se compose presque exclusivement de Cinnamomum.

Pleïstocène.

En tête de ce chapitre, il convient de citer la publication très importante que MM. A. Penck et Ed. Brückner [2] consacrent à la période glaciaire dans le massif alpin, mais j'attendrai pour rendre compte de ce travail que la partie qui concerne spécialement notre pays, à peine ébauchée actuellement, soit plus avancée sinon terminée.

Dépôts glaciaires et fluvio-glaciaires. — Après avoir étudié les formations tertiaires de la vallée de Bellegarde, M. H. Douxami [3] a décrit les formations pleïstocènes de la même région, parmi lesquelles il distingue :

1° Les alluvions fluvio-glaciaires qui prennent un grand développement au N de la vallée des Usses et se raccordent nettement à celles des environs de Genève (Bois de la Bâtie). Ces alluvions renferment à leur partie supérieure des intercalations morainiques et supportent soit des argiles glaciaires, soit des blocs erratiques ; elles existent aussi dans la région du Fort de l'Ecluse, où l'on peut démontrer que le creusement de la cluse du Rhône est antérieur à l'arrivée du glacier.

[1] H. Wegelin. Kleinere Mittheilungen : a Tertiärflora. *Mittheil. der thurgau. naturf. Gesell.*, 15 Heft, p. 58

[2] A. Penck et Ed. Brückner. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Leipzig, C.-H. Tauchnitz, éditeur.

[3] H. Douxami. Les formations tertiaires et quaternaires de la vallée de Bellegarde. *Bull. Soc. d'hist. nat. de Savoie*, 1901.

Digitized by Google

2° Des alluvions qui existent au N de Seyssel, où elles ne dépassent guère le niveau de 300 m. Ces dépôts, nettement inclinés vers le S, ont dû se former dans une expansion du lac du Bourget; ils sont couverts de blocs erratiques.

3° Les alluvions modernes qui, après le retrait des glaciers, ont comblé la plaine de Chantagne et de Seyssel.

M. Douxami[1] en parcourant le **massif de Platé** (Haute-Savoie), s'est préoccupé d'y rechercher des indications sur l'extension relative des glaciers pleïstocènes. Tandis que le glacier de l'Arve s'élevait entre Servoz et Cluses jusqu'à une altitude dépassant 2000 m., il n'a pas couvert le versant N des Fiz et de Platé, ce qui s'explique probablement par le fait que les sommets qui dominent la vallée du côté de l'E, s'élèvent jusqu'à plus de 2500 m. et ont ainsi empêché le glacier de s'épancher de ce côté.

Le glacier du Giffre devait être considérable ; ses moraines étaient exclusivement calcaires ; c'est à lui qu'appartiennent sur la rive droite du Giffre les moraines de la chapelle du Mont (972 m.) sur la montagne de Criou, de la colline du Montet, de la montagne des Souets ; sa moraine profonde subsiste sur de grands espaces.

Dans les environs de Saint-Geoire, Bonne, Mieussy, les moraines du Giffre, caractérisées par l'abondance des grès de Taveyannaz et des calcaires nummulitiques, recouvrent des blocs de protogine et de porphyres rouges de Saint-Gervais apportés là par le glacier de l'Arve.

Outre ces deux grands glaciers, l'on trouve dans le massif des Fiz et des Grands Vans plusieurs glaciers locaux : Le glacier des Fiz a creusé le cirque de Salles et déposé des moraines vers la cascade du Rouget, à Fardelet et Lignon et jusqu'à la cascade de la Soffa. Le glacier de Platé a dû couvrir toute la partie occidentale du Désert de Platé et c'est à lui qu'appartiennent la moraine latérale des Essets (1867 m.) au-dessus de Plaine-Joux et la moraine profonde entre le lac et les chalets de Flaine.

Le glacier de Vernant a donné naissance au cirque de ce nom et a déposé la moraine frontale qui soutient le lac de Vernant (1840 m.). En outre, la Combe de Verel, le cir-

[1] H. Douxami. Les phénomènes glaciaires et postglaciaires du massif de Platé (Haute-Savoie). *Bull. Soc. Linnéenne de Lyon.* Séance du 24 fév. 1902.

Digitized by Google

que de Voconant ont été évidemment creusés par des glaciers locaux.

Dans la seconde partie de son travail, M. Douxami donne une description des lapiés du Désert de Platé, qui n'est du reste qu'un résumé de l'étude publiée en 1895 par M. E. Chaix; puis il donne quelques indications hydrographiques sur l'allure des affluents de l'Arve et du Giffre, alimentés par le massif de Platé et termine par un chapitre consacré aux éboulis qui prennent un développement considérable tout autour de la chaîne des Fiz.

M. B. Æberhardt[1], poursuivant son étude des formations pleïstocènes du pied du Jura vaudois, a consacré une nouvelle notice aux **alluvions de la Côte entre Aubonne et Begnins.** Ces graviers reposent à une altitude d'environ 550 m. directement sur la Mollasse; au N de Bougy, ils comprennent exclusivement des éléments alpins, ce sont les granits qui prédominent à la base, tandis que dans les couches plus élevées on trouve une forte proportion de calcaires noirs et de grès brunâtres; les éclogites, les arkésines, les gneiss d'Arolla paraissent manquer complètement; mais ce qui frappe le plus c'est l'absence absolue des calcaires blancs et jaunes du Jura. Ces alluvions ont une épaisseur visible de 15 m. environ.

Au-dessus de Mont, des graviers tout à fait semblables sont surmontés par 50 à 60 m. de moraine profonde à éléments exclusivement alpins et mollassiques; au-dessus de Tartegnins et de Bursins les mêmes alluvions se retrouvent avec des caractères identiques. A la scierie de Begnins, dans le ravin de la Serine, des affleurements importants mettent au jour des dépôts correspondants avec de petits galets, parmi lesquels prédominent les calcaires noirs et les quartzites; au-dessus de ces alluvions à éléments alpins reposent de gros blocs roulés parmi lesquels apparaissent pour la première fois des calcaires jurassiens et qui correspondent évidemment à une moraine profonde.

M. Æberhardt considère ces alluvions de Bougy, Tartegnins, Begnins, comme de l'alluvion ancienne, tandis que l'alluvion alpine qui affleure dans les ravins au-dessous d'Aubonne, intercalée entre deux moraines profondes au lieu de reposer sur la Mollasse et contenant des euphotides,

[1] B. Æberhardt. Etude sur les alluvions anciennes des environs de Genève. *Eclogæ*, vol. VII, p. 271-286.

Digitized by Google

des éclogites, des schistes chloriteux qui manquent complètement dans les graviers de 550 m., ainsi que des galets jurassiens, doit être mésoglaciaire et correspondre aux alluvions du Bois de la Bâtie.

Passant ensuite aux dépôts correspondants des environs de Genève, l'auteur montre d'abord que les alluvions qui affleurent tout le long du Rhône, depuis le Bois de la Bâtie jusqu'à la Plaine, sont intercalées entre des marnes à lignites synchronisées avec les marnes de Dürnten et d'Utznach et une moraine profonde qui les recouvre. Elles sont caractérisées par la présence d'euphotides de Saas et par la prédominance des calcaires noirs, et elles contiennent près de La Plaine des galets jurassiens. Ceux-ci sont beaucoup plus abondants dans les alluvions de même âge, qui affleurent entre La Plaine et le Jura près de Malval à l'altitude de 430 m., et qui supportent une moraine profonde également très riche en calcaires du Jura.

A Cologny et à Hermance des alluvions, synchroniques de celles du Bois de la Bâtie, présentent la même composition avec une grande abondance de calcaires noirs, une proportion beaucoup plus faible de granits, de gneiss et de quartzites et une quantité plus petite encore de serpentines, de diorites et de Verrucano.

En résumé, les **alluvions des environs de Genève** ont une composition nettement différente de celle de la Côte ; en outre elles occupent un niveau beaucoup plus bas, ne dépassant nulle part 430 m., et tandis que les dépôts de la Côte peuvent atteindre 200 m. de puissance, ceux du Bois de la Bâtie ne dépassent pas 60 m. ; enfin l'on ne connaît entre Genève et Nyon aucune formation qui permettrait d'établir un raccord entre les deux systèmes d'alluvions dont le synchronisme est dès lors inadmissible.

Les alluvions de la Côte paraissent représenter le dépôt quaternaire le plus ancien de la région ; elles datent d'une époque antérieure à la formation du lac et au soulèvement complet du Jura. Leur origine glaciaire reste douteuse puisqu'on n'observe nulle part leur passage à la moraine profonde.

Le dépôt de ces alluvions a été suivi par une période glaciaire (mésoglaciaire), à laquelle appartiennent les moraines de Mont, Bursins, Begnins, etc. ;... c'est dans ces dépôts qu'apparaissent pour la première fois des éléments jurassiens et c'est à cette époque qu'a dû se faire le soulèvement définitif du Jura.

Digitized by Google

Après le retrait du glacier, le Rhône mésoglaciaire a emporté la plus grande partie des formations quaternaires préexistantes, ne laissant que le plateau de la Côte et creusant par places son lit jusqu'à la Mollasse.

Ensuite le lac s'est formé par suite soit de tassements dans les Alpes, soit de nouveaux soulèvements dans le Jura; les alluvions du Rhône s'arrêtent dans le Bas-Valais, qu'elles comblent, tandis que l'Arve et les torrents descendant du Jura répandent dans les environs de Genève les graviers qu'ils charrient, formant les alluvions du Bois de la Bâtie, d'Hermance, de La Plaine, de Malval, etc....

Enfin, le glacier du Rhône, subissant une dernière crue, a couvert de ses moraines aussi bien le plateau de la Côte, que le fond du lac et les environs de Genève. Cette nouvelle période glaciaire correspondant à une phase de dénudation intense dans le Jura, la moraine latérale du glacier du Rhône contient tout naturellement une grande abondance d'éléments jurassiens.

Après avoir étudié les **dépôts glaciaires jurassiens du Jura occidental**, M. F. MACHACEK[1] conclut comme MM. Baltzer et Æberhardt contre la théorie de la phase de récurrence des glaciers jurassiens édifiée par M. Schardt. En effet, l'extension que M. Schardt a attribué à plusieurs de ces glaciers serait tout à fait disproportionnée à l'importance de leur bassin d'alimentation. En second lieu la limite entre les moraines jurassiennes et les moraines rhodaniennes, qui est marquée d'une part par l'augmentation brusque des éléments alpins, d'autre part et surtout par la combinaison de la structure franchement morainique et de la stratification en delta torrentiel que présentent les moraines terminales des glaciers jurassiens, passe un peu au-dessus de la ville de Gex et suit constamment le pied même de la chaîne. Toutes les moraines et les alluvions qui se trouvent en dehors de cette limite sont attribuables au glacier du Rhône ou à ses émissaires.

Sur le versant N de la première chaîne du Jura, dans la région des Rousses, devait exister un glacier, qui se déversait à la fois au NW par la vallée de la Bienne et au NE par la dépression synclinale du lac des Rousses et du lac de Joux. Les moraines de ce glacier se retrouvent soit au

[1] F. MACHACEK. Beiträge zur Kenntniss der localen Gletscher des Schweizer und Französischen Jura. *Mittheil. der naturf. Gesell. in Bern*, 1902.

Digitized by Google

S du lac des Rousses, soit entre le Brassus et le Sentier où elles forment dans la plaine une série de petites collines. Le lac de Joux est coupé par seize crêts sous-lacustres, qui paraissent être des moraines. Au S du lac une terrasse très nette s'élève à 60 m. au-dessus du niveau de l'eau ; elle est formée d'alluvions en strates irrégulières et inclinées vers le lac. Il est probable qu'après le retrait du glacier la vallée, obstruée et tapissée par des dépôts morainiques imperméables, a été couverte par une vaste nappe d'eau, dont le niveau s'élevait à 60 m. au-dessus du lac de Joux actuel et que cette terrasse n'est qu'un reste d'anciens deltas formés par les torrents à leur embouchure dans le lac au dépens des moraines qu'ils remaniaient sur leur passage. Le niveau de la nappe d'eau s'étant ensuite abaisssé peu à peu, il n'est plus resté que les deux lacs actuels.

Tandis que dans le pays de Gex les glaciers jurassiens descendaient jusqu'à la plaine, ils paraissent avoir été plus limités vers le NE ; ainsi dans la vallée du Nozon, à l'E de Vaulion et à une altitude de 940 m., on trouve une moraine frontale d'un glacier local, qui présente par place la structure en delta et qui renferme une proportion importante d'éléments alpins ; il semble qu'on ait affaire ici à un dépôt formé à la rencontre du glacier local avec le glacier du Rhône.

Dans la région de Vallorbe, tandis que le glacier du Rhône remontait la partie inférieure de la vallée de l'Orbe et passait de là par le Col de Jougne jusque dans les environs de Pontarlier, la partie supérieure de la vallée de l'Orbe était occupée par un glacier local. De même la haute vallée du Doubs possédait son glacier local.

Résumant ses observations, l'auteur conclut que l'hypothèse de la phase de récurrence des glaciers jurassiens n'est pas plus admissible pour la région de la Faucille que pour celle de l'Aubonne. Le contraste très marqué qui se montre entre les moraines du pied du Jura et celles qui n'en sont que peu éloignées, l'absence complète de vraies moraines frontales jurassiennes dans la plaine et diverses considérations théoriques tendent à démontrer que les glaciers du Jura ne se sont jamais étendus plus loin que le pied de la chaîne. Par contre, les dépressions entourées de sommités même peu élevées, comme la vallée de Joux, la vallée de l'Orbe, la vallée supérieure du Doubs ont possédé des glaciers locaux, dont l'importance souvent considérable fait sup-

Digitized by Google

poser que la limite des neiges éternelles devait descendre pendant la période correspondante jusqu'à 1100 ou 1000 m. Le col de Saint-Cergues devait très probablement alors être occupé par un glacier local qui empêchait le glacier du Rhône de le traverser.

M. Th. Rittener [1] a consacré un chapitre important de son mémoire à l'étude des **dépôts pleïstocènes des environs de Sainte-Croix et de Baulmes.** Il admet avec Du Pasquier une ligne de démarcation entre la zone externe à glaciaire sporadique et la zone interne à grandes moraines terminales, qui correspond à la ceinture de moraines qui suit vers 1200 le versant oriental de la haute chaîne du Jura. Cette ligne s'abaisse dans les angles rentrants ; à l'E de Sainte-Croix elle descend à 1150 m., ce qui permet de supposer que pendant sa dernière grande extension le glacier du Rhône n'a pas franchi le Col des Etroits et que tout le glaciaire alpin du plateau des Granges appartient à la zone externe.

La limite supérieure de la grande extension du glacier du Rhône dans la région du Chasseron paraît bien être à 1350 m. comme l'a admis Favre. Au Mont des Verrières on trouve encore des quartzites alpins à 1220 m., ce qui montre que la pente du glacier vers l'W devait être très faible. L'élément dominant dans l'erratique de la zone externe est formé par des quartzites roulés à patine rousse, avec des protogines, des gneiss d'Arolla, des gneiss à tourmaline, des gneiss à chlorite, des euphotides, des amphibolites, des éclogites, des poudingues de Valorsine, etc.... Les points les plus riches en blocs sont le Plateau de la Gittaz (1300 m), les environs de la Chaux (1100 m.), le Mont des Cerfs (1250 m.), la Vraconne (1100 m.) et les Granges Jaccard.

La grande moraine latérale de 1200 m. qui sépare la zone externe de la zone interne est formée surtout de roches pennines avec des blocs de protogine ; mais il se mêle à ces éléments alpins une proportion assez importante de roches jurassiennes, qui ont dû être déposées là par un glacier du Chasseron. Dans la vallée de Sainte-Croix, au-dessous du village, cette moraine a été disloquée par les névés jurassiens et n'est plus représentée que par des blocs épars. Près de la gare se trouve un bloc de porphyre quartzifère de Fully-Luisin (Bas-Valais).

[1] Th. Rittener. Etude géologique de la Côte aux Fées et des environs de Baulmes et de Sainte-Croix. *Mat. p. la Carte géol. de la Suisse,* nouv. série, t. XIII.

Digitized by Google

Au-dessous de 1200 m. sur les pentes du Chasseron et des Aiguilles de Baulmes on trouve par places des traînées de blocs erratiques reposant en général sur des paliers et qui paraissent correspondre à des moraines latérales de retrait ; mais ce qui domine ici ce sont la moraine de fond et les dépôts fluvio-glaciaires. Le glaciaire de fond est caractérisé par la nature marneuse de ses argiles et par la quantité importante de calcaires jurassiens qu'il renferme. Il prend une grande importance dans la vallée de Sainte-Croix, dont il paraît couvrir le fond sur des espaces étendus ; il est abondamment répandu aussi sur les flancs du Suchet, au-dessus de Baulmes et au SW de cette localité. Il paraît probable que la colline du Temple de Baulmes, ainsi que celle des trois Poussines plus au SW, représentent les restes d'une moraine appartenant à la phase de récurrence d'un glacier local.

Les dépôts fluvio-glaciaires s'associent en divers points aux moraines ; ainsi dans les environs du Château, à l'E de Sainte-Croix, on peut voir reposant sur le Portlandien poli et strié des graviers nettement stratifiés formés pour les $^9/_{10}$ d'éléments jurassiens, qui atteignent 20 m. d'épaisseur. Dans le ravin de la Baumine il y a de l'erratique stratifié en plusieurs endroits ; mais les formations fluvio-glaciaires prennent surtout un grand développement autour du marais de Rances, qu'elles bordent au NW et au SE d'une double chaîne d'éminences orientées SW-NE, et à l'E de Baulmes le long de la ligne Yverdon-Sainte-Croix.

Quant au glaciaire jurassien, il est particulièrement bien développé dans le bassin de l'Auberson ; il y est représenté d'abord par une accumulation énorme de graviers sur le plateau de la Prise Perrier, au S de l'Auberson, aux Grangettes, au Champ Lambert et au N de la Chaux. Des formations correspondantes existent sur les deux versants du vallon de Noirvaux, dans la cluse de Longeaigue et jusqu'aux portes de Buttes. Le glacier qui a déposé ces amas moraniques devait être alimenté par les névés du versant N des Aiguilles de Baulmes. Le caractère poli et strié de la presque totalité des éléments permet d'assimiler ces dépôts à une moraine de fond ; d'autre part la présence de quelques rares éléments quartzitiques au milieu des cailloux jurassiens et dans une boue essentiellement calcaire indique que l'extension du glacier local a suivi la grande extension alpine.

Dans la chaîne du Chasseron il ne reste que quelques lambeaux isolés de glaciaire jurassien ; dans la région des

Digitized by Google

Aiguilles de Baulmes il existe des moraines jurassiennes typiques aux alentours de Culliairy, dans le haut vallon de la Jougnenaz, etc.

M. Rittener désigne sous le nom de **glaciaire de névé** des amas de cailloutis anguleux, de grosseur uniforme, sans stratification apparente et sans ciment autre qu'une substance tuffeuse développée par places, qui forment partout au pied des pentes des dépôts importants. Ces formations se distinguent des éboulis par l'absence remarquable de gros blocs et par le fait qu'ils se continuent souvent à une certaine distance du bas de la pente. Elles paraissent s'être formées au pied des névés inclinés et résulter de l'effrittement des rochers des régions élevées, dont les débris après avoir glissé sur la neige se sont accumulés au bas des pentes. On en trouve de beaux exemples contre les deux versants du Mont des Cerfs, contre le pied N des Aiguilles de Baulmes au-dessus de Culliairy, aux Grangettes Cuendet au-dessus de Sainte-Croix et au N de Vuittebœuf au bord de la route de Vugelles.

M. B. ÆBERHARDT[1] a décrit quelques blocs erratiques situés dans le Jura bernois en dehors des grandes moraines internes et dont l'origine ne concorde pas avec l'idée généralement admise de la présence exclusive de roches pennines dans cette partie du glaciaire rhodanien. Ce sont :

1° Au lieu dit Vers la Pompe (ter. de Sonceboz, cote 930) un gros bloc d'éclogite de Saas cubant 20 à 25 m³.

2° Un peu plus au N plusieurs petits blocs d'éclogite de 1 à 2 m³.

3° Au pâturage de l'Envers (ter. de Sonceboz) un bloc d'arkésine et un bloc de protogine.

4° Vers la métairie de Nidau sur la route Sonceboz-La Heutte un bloc de protogine (2 m³).

5° Au pâturage du Droit (ter. de Corgémont) un bloc d'euphotide de Saas de 2 m³, quatre petits fragments d'arkésine disséminés, un bloc de gneiss de 1 m³, un bloc de protogine, un bloc d'arkésine.

6° Au pâturage de l'Envers (ter. de Corgémont) des blocs de protogine, d'arkésine et un bloc de conglomérat calcaire à galets noirs liés par un ciment jaunâtre.

[1] B. ÆBERHART. Quelques blocs erratiques intéressants de la moraine externe. *Eclogæ*, vol. VII, p. 199-202.

Digitized by Google

7° Dans le territoire de Cortébert vers la colline de Rainson deux blocs d'arkésine.

8° Dans le même territoire à l'Envers une grosse plaque tabulaire d'arkésine déjà connue et un bloc de gneiss d'Arolla.

La région de Corgémont, Sonceboz, Cortébert paraît donc être particulièrement riche en blocs du mésoglaciaire et il est intéressant de trouver réunies sur un espace assez restreint des euphotides et des éclogites de Saas, des arkésines du centre de la chaîne pennine et de la protogine du Mont Blanc.

Sous la conduite de M. F. MÜHLBERG [1] la Société géologique suisse a fait en 1901 une excursion fort intéressante dans le **quaternaire des environs d'Aarau, Brugg et Melligen**, dont un rapport spécial a été rédigé.

Dans la carrière du Bruderhaus près d'Unter Entfelden au S d'Aarau affleurent sur 15 m. de hauteur les alluvions des Hautes Terrasses formées surtout de calcaires alpins avec peu de granits et pas de calcaires jurassiens ni de roches valaisannes ; ces éléments sont agglutinés par un ciment assez résistant. Dans la partie W de la carrière, les alluvions ont été partiellement érodées et sur la surface inclinée ainsi formée repose une moraine de fond très décomposée qui contient, outre les calcaires alpins qui y prédominent, des calcaires jurassiens et des roches du Valais. La surface des alluvions au contact avec la moraine est striée de telle façon que les premières étaient évidemment déjà agglutinées avant le dépôt de la seconde ; du reste tout porte à croire que l'alluvionnement des Hautes Terrasses a été séparé de la période glaciaire subséquente par une longue phase d'érosion, pendant laquelle se sont ouvertes, dans la nappe continue des Hautes Terrasses, de profondes vallées correspondant aux vallées actuelles. Cette érosion paraît s'être produite après le retrait du glacier de la Reuss en arrière de la zone des lacs ; elle a été suivie par l'invasion du glacier du Rhône sur toute la région jusqu'à Wildegg et jusqu'au confluent de l'Aar et du Rhin (principale glaciation de la Suisse).

Des superpositions analogues de la moraine de fond sur les alluvions des Hautes Terrasses s'observent à Moossäcker,

[1] F. MÜHLBERG. Bericht über die Exkursionen der Schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Grenzgebiet zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura, in das aargauische Quartär und an die Lägern. *Eclogæ*, vol. VII, p. 153-196.

Digitized by Google

dans le vallon de Roggenhausen, etc.... ; d'autre part la superposition au bord de la Reuss à l'W de Birmensdorf des alluvions des Basses Terrasses sur de la moraine de fond montre que cette rivière a dû affouiller avant le dépôt de ces alluvions et même avant la grande extension du glacier du Rhône, jusqu'à un niveau à peu près égal à celui du lit actuel.

En remontant le cours de la Reuss, on pénètre dans le cirque des moraines, qui forment les collines de Hühnersteig, Englisgrütacker, Oberholz et Birrenmoos. Vers l'E, près de Rohrdorf, plusieurs restes des Hautes Terrasses épargnés par l'érosion dominent le seuil de la vallée, qui est formé par la Basse Terrasse. A l'extrémité S du Hiltiberg, dans une carrière, on peut voir le contact entre un de ces lambeaux de la Haute Terrasse et la moraine ; tandis que par places ce contact est très franc, sur d'autres points il semble y avoir une transition graduelle entre les deux formations, ce qui avait fait admettre par quelques-uns des participants à l'excursion, que les alluvions étaient simplement de la moraine remaniée ; mais cette opinion a été abandonnée lorsqu'a été reconnue à l'E et à l'W l'indépendance complète de la moraine et des alluvions.

Sur le flanc W du Heitersberg affleure à une altitude de 630 m., dans une carrière, le Deckenschotter typique. Sur le Sennenberg les moraines anciennes reposent sur la Mollasse ; le fait que ces moraines contiennent les mêmes éléments que les moraines internes et surtout qu'elles ne sont pas décomposées semble indiquer que la période de retrait des glaciers qui a séparé le dépôt des deux systèmes de moraines a dû être courte et que les alluvions des Basses Terrasses intercalées entre ces deux systèmes doivent correspondre à un recul peu prononcé des glaciers.

La carte de la Lägern et la notice explicative qui y est adjointe, publiées par M. F. Mühlberg [1], montrent que, soit au S, soit au N de cette chaîne, la Mollasse est en grande partie couverte par le Deckenschotter et par les dépôts glaciaires.

Le Deckenschotter dans lequel on peut distinguer deux niveaux étagés, forme au N de la Lägern de vastes plateaux séparés par des tranchées d'érosion. Les moraines de l'avant-

[1] F. Mühlberg. Geologische Karte der Lägernkette und Erläuterungen zur geologischen Karte der Lägernkette und ihrer Umgebung. *Eclogæ*, vol. VII, p. 246-270.

Digitized by Google

dernière glaciation couvrent tout le versant N de la chaîne et s'étendent jusque vers Ober Endingen, tandis que celles de la dernière glaciation ne dépassent pas au N la ligne de Stadel, Schöflisdorf, Regensberg, Wettingen, Dättwyl. La bordure de cette zone interne est marquée par une succession de moraines frontales bien conservées, qui influent notablement sur la répartition des eaux.

M. F. ANTENNEN[1] a entrepris une étude des **formations pleïstocènes de la région supérieure de l'Emmenthal**, parmi lesquelles il distingue : 1° les blocs erratiques apportés par le glacier du Rhône ; 2° l'erratique déposé par le glacier de l'Aar ; 3° le glaciaire local ; 4° les blocs de granite de Habkern.

Dans la vallée supérieure de l'Emme, ce sont les blocs généralement arrondis du granite rouge de Habkern qui constituent l'élément erratique habituel ; à partir de Kemmeribad vers l'aval ces roches deviennent plus rares, quoiqu'on en retrouve jusqu'à Signau. Mais dans tout le bassin de l'Emme jusqu'à cette localité les granites de Habkern sont parsemés de ci de là aux altitudes les plus diverses contrairement à ce qui se passe pour tous les autres éléments erratiques.

Les roches d'origine rhodanienne, beaucoup plus rares, ne se retrouvent plus au S de la ligne Röthenbach, Eggiwyl, Trubschachen, Napf. L'erratique du glacier de l'Aar est particulièrement abondant dans la vallée du Röthenbach, sur les hauteurs de Martisegg et dans la vallée de l'Emme au S d'Eggiwyl, on le retrouve au S jusqu'au Breitmoos et au ravin du Sorbach. L'erratique local, formé essentiellement par les grès du Hohgant, est très développé dans toute la vallée de l'Emme, surtout sur le flanc occidental jusqu'au Breitmoos où se trouvent les moraines frontales. A partir d'Eggiwyl les grès du Hohgant se mêlent à l'erratique de l'Aar.

Pour éclaircir la question controversée des limites respectives des glaciers de l'Aar et du Rhône, à l'E de Berne, il faut d'abord déterminer si l'erratique déposé dans l'Emmenthal par ces deux glaciers est contemporain ou non. Si en effet la plus grande extension du glacier de l'Aar n'a pas coïncidé avec celle du glacier du Rhône, mais l'a suivie

[1] F. ANTENNEN. Die Vereisungen der Emmenthäler. *Mittheil. der naturf. Gesell. Bern.* Jahrg. 1901, p. 1500-1518.

Digitized by Google

comme l'admet M. Baltzer, ces deux glaciers ont dû franchir successivement, pendant leur plus grande extension, la ligne de faîte qui sépare le bassin de l'Emme de la vallée de l'Aar entre Thoune et Berne et occuper successivement la partie de l'Emmenthal qui n'était pas couverte par des glaciers locaux. Or, il existe au N d'Eggiwyl et de Röthenbach à la fois de l'erratique de l'Aar et de l'erratique du Rhône. D'autre part, on rencontre à l'altitude assez constante de 1000 m. environ, niveau qui correspond à celui que M. Baltzer a admis pour le glacier de l'Aar entre Berne et Thoune, des accumulations de blocs de gneiss, de granits, de calcaires alpins provenant sans aucun doute du massif de l'Aar, auxquelles sont associées des terrasses fluvio-glaciaires. Au-dessus de 1000 m. on ne trouve plus que des blocs clairsemés, enfoncés dans le sol, en général très décomposés, de grès du Hohgant et de granits divers, parmi lesquels prédomine le granit de Habkern ; les calcaires alpins font complètement défaut. Le dépôt de cet erratique est évidemment antérieur à celui de la moraine de 1000 m., et a dû être effectué par le glacier du Rhône lors de sa plus grande extension, d'autant plus que l'altitude supérieure atteinte par ces blocs, 1300 m., correspond à ce que l'on sait du niveau du glacier du Rhône entre le Gurnigel et le Chasseral. On peut donc admettre que les bassins de l'Emme et du Röthenbach ont été occupés d'abord par le glacier du Rhône jusqu'à l'altitude de 1300 m., puis par le glacier de l'Aar jusqu'à l'altitude de 1000 m.

A la suite d'une étude détaillée de la répartition de l'erratique, M. Antennen établit comme suit la répartition des divers glaciers dans l'Emmenthal, pendant la deuxième glaciation, qui correspond à la grande extension du glacier du Rhône.

L'erratique rhodanien bien caractérisé ne se retrouve pas au S de la ligne Röthenbach, Eggiwyl, Napf. Le glacier de l'Aar, qui depuis Thoune devait former le flanc droit du glacier du Rhône et qui transportait surtout des granits de Habkern, des granits gris et des gneiss, devait s'étendre au SE jusqu'à la Hohe Hohnegg et jusqu'à la ligne de séparation des eaux de l'Emme et de l'Ilfis. Le glacier du Rhône ne pénétrait pas, comme l'admettait Favre, dans le bassin supérieur de la Grande Emme ; c'est là au contraire que se développait un glacier local, qui rejoignait près de Schlangnau le glacier du Rhône et, formant depuis là son flanc droit, couvrait la vallée de l'Ilfis. Cette dernière peut donc être considérée comme appartenant encore au glacier du

Digitized by Google

Rhône, dont la limite méridionale aurait passé par le Gurnigel, la Hohe Hohnegg, Schlangnau, Marbach, Wiggen et le Napf.

Lorsque, pendant la troisième glaciation, le glacier de l'Aar s'est avancé jusqu'au N de Berne, il a couvert en partie l'Emmenthal, dans lequel il a pénétré par Schwarzenegg et la vallée du Röthenbach. On en retrouve soit des blocs erratiques isolés, soit des moraines de fond, parmi lesquels prédominent les calcaires alpins noirs et les gneiss, tandis que les granits gris sont plus rares. Les granits de Habkern sont abondants sur certains points au S de Röthenbach, tandis que plus au N ils ne jouent le plus souvent qu'un rôle secondaire; les grès éocènes sont aussi beaucoup plus fréquents vers le S que vers le N.

Dans la vallée de l'Emme, l'erratique de l'Aar se borne presque exclusivement à des blocs isolés de granit gris, de gneiss, de calcaires alpins et de grès éocènes qu'on rencontre dans les coupures latérales de la vallée. A ces éléments se mêlent en quantité assez importante des grès du Hohgant, dont l'apport ne peut avoir été effectué que par un glacier local, qui devait rejoindre celui de l'Aar au S d'Eggiwyl. En effet, peu en amont de cette localité, l'erratique local se rencontre seul et la répartition des grès du Hohgant permet de reconnaître que ce glacier de l'Emme devait s'élever au Breitmoos jusqu'au niveau de 1020 m., sa limite du côté de l'E coïncidant avec la ligne de faîte qui sépare les vallées de l'Emme et du Röthenbach.

Lorsque le glacier de l'Aar en décrue n'a plus pu franchir la ligne de hauteurs qui sépare la vallée de l'Aar du bassin de l'Emme, la langue de ce glacier qui occupait cette dernière région, détachée de son amorce, a été transformée en une masse immobile, incapable d'édifier des moraines frontales, qui a diminué progressivement de volume. Le glacier de l'Emme a profité de cette réduction du glacier principal pour pousser son front jusqu'au N d'Eggiwyl, et semble avoir déposé près de Moosegg deux moraines en arc de cercle qui contiennent des cailloux de Mollasse et de Nagelfluh avec, en quantité plus faible, des grès du Hohgant, des calcaires alpins, des granites et des gneiss. Pourtant l'origine de ces dépôts n'est pas certaine et la limite septentrionale de l'extension incontestable du glacier de l'Emme doit être fixée au Breitmoos. Ce plateau porte trois moraines frontales concentriques dont la mieux conservée est la plus interne; celle-ci, qui dans toute sa partie occidentale se

Digitized by Google

décompose en deux talus distincts, est formée par un amas argileux dans lequel sont noyés des blocs anguleux de grès du Hohgant avec quelques calcaires alpins.

Cet erratique, qu'on ne peut attribuer qu'à un glacier local, se superpose dans le ravin de l'Obere Breitmoosalp à de l'erratique du glacier de l'Aar, montrant ainsi que le glacier de l'Emme a poussé en avant après le retrait du glacier de l'Aar.

En arrière de ces moraines frontales, le plateau marécageux qui s'étend de Breitmoosalp à Steinmoos est semé de blocs de grès du Hohgant et tapissé par de la moraine de fond ; en outre, le flanc de la montagne vers l'W porte les traces incontestables d'une moraine latérale qui se suit facilement au-dessus de la route entre Steinmoos et Junkeren. Cette moraine, qui reste d'ailleurs bien en dessous de la limite supérieure de la moraine de fond, renferme une proportion remarquablement forte de calcaires alpins en gros blocs avec une quantité plus faible de grès du Flysch, de granits de Habkern et de grès du Hohgant.

Dans le bassin supérieur de l'Emme, M. Antennen a relevé tout un réseau de moraines frontales et latérales qui indiquent ici la présence à un moment donné de plusieurs glaciers locaux distincts ; il n'a par contre rencontré nulle part dans cette vallée de l'erratique qu'il pût attribuer avec certitude au glacier de la Reuss.

Il ressort de ce qui précède que l'Emmenthal a d'abord été couvert jusqu'au niveau de 1300 m. par le glacier du Rhône auquel s'adjoignaient successivement les glaciers de l'Aar et de l'Emme. Après le retrait du glacier du Rhône, c'est celui de l'Aar qui a occupé la même région jusqu'à l'altitude de 1000 m. Enfin, ce glacier ayant abandonné à son tour l'Emmenthal, le glacier de l'Emme a poussé en avant en tout cas jusqu'au Breitmoos, peut-être jusqu'au N d'Eggiwyl. Des phénomènes analogues se sont produits dans le bassin de la Sarine, ainsi que dans celui de la petite Emme et l'on peut admettre que d'une façon générale les glaciers préalpins ont profité du recul des grands glaciers pour s'étendre en avant vers le N.

Lors de la construction d'un nouveau bâtiment d'école à la Rüti près de Zollikofen, M. E. Kissling [1] a constaté sous une couche de sable et d'argile à cailloux striés, une zone

[1] E. Kissling. Lehmgerölle im fluvioglacialen Sand. *Mittheil. der naturf. Gesell. Bern.* Jahrg. 1901, p. 98-105.

Digitized by Google

de marne sableuse contenant par centaines des cailloux roulés de limon ayant de 1 à 15 cm. de diamètre et dont la forme est tantôt sphérique, tantôt aplatie ou discoïdale, tantôt fusiforme. Ces fragments roulés sont formés de la même argile qui constitue les lits intercalés dans le sable et sont entourés d'une mince couche gréseuse. Ils sont évidemment dûs à l'action d'une eau courante qui, après avoir détaché des morceaux plus ou moins grands des lits argileux voisins, les a roulés pour les déposer un peu plus loin, comme cela se passe fréquemment de nos jours.

La partie la plus importante de l'étude qu'a faite M. J. Weber[1] des **environs du lac de Pfäffikon** est consacrée aux formations pleïstocènes de cette région, qui comprennent les alluvions de la vallée de l'Aa, les dépôts morainiques qui se superposent aux précédentes, et les moraines et les graviers qui couvrent la région de Bäretswil, d'Adetswil et de Hittnau et qui remontent jusqu'à un niveau très supérieur à celui qu'atteignent les autres formations quaternaires.

Les alluvions de l'Aa, stratifiées horizontalement, sont tantôt solidement cimentées, tantôt mal agglutinées ; elles sont visibles sur les deux flancs de la vallée de Ober Uster à Aathal, sur le flanc droit seulement entre Aathal et Unter Medikon ; leur surface est à 20 m. environ au-dessus du niveau actuel de la vallée et leur épaisseur paraît être de 10 à 15 m. ; en divers points on les voit supporter de la moraine de fond bien caractérisée. Il existe en dehors de la vallée deux gisements qui paraissent se rattacher à ce même système d'alluvions, l'un se trouve sur la route de Ober Uster à Ottenhausen au N de la vallée, l'autre au S entre Ober Giebel et Homberg.

A l'E de la dépression du lac de Pfäffikon, la région plus élevée qui s'étend du Kemptenerwald et du Diesenwaltsberg vers le N et le NW est couverte de formations fluvio-glaciaires, parmi lesquelles la moraine de fond occupe la plus grande surface. Cette dernière, dans laquelle les cailloux prédominent en général sur l'argile, a une épaisseur variable qui peut aller jusqu'à 10 m. Elle prend un grand développement autour de Bäretswil, d'Adetswil et de Hittnau, et remonte jusqu'à 770 m. sur le flanc du Diesenwaltsberg, jusqu'à 845 m. au N d'Adetswil.

Entre Bäretswil et Schürli une belle terrasse presque hori-

[1] J. Weber. Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffikersee. *Mittheil. der naturwiss. Gesell. in Winterthur*, 1900-1901.

Digitized by Google

zontale et dont les graviers sont bien stratifiés, repose sur la moraine de fond. Les cailloux y sont en proportion notablement plus forte vers l'W que vers l'E, et l'auteur, adoptant une opinion de M. Heim, considère ces alluvions comme déposées là par un torrent sorti d'un glacier et ayant coulé de l'E à l'W. Sur cette terrasse reposent de nouvelles moraines, dont l'une, qui forme à l'W de Bäretswil la colline de Bühl, est stratifiée à la base, tandis que toute sa partie supérieure est formée de matériaux anguleux non stratifiés et souvent striés. Des dépôts fluvio-glaciaires analogues à ceux de Bäretswil se retrouvent au NE de Ober Hittnau et dans les environs de Nieder Dürstelen.

Sur les deux versants de la dépression de Pfäffikon et dans les environs de Wetzikon, Heussberg, Sulzbach, etc.,... les formations glaciaires forment une couverture continue et donnent naissance à un paysage drumlinique classique. Les drumlins, allongés du SE au NW, se suivent en séries plus ou moins prolongées parallèles les unes aux autres. Ils sont tous formés d'argile pas du tout ou très imparfaitement stratifiée avec des blocs de dimensions très diverses et en quantité très variable mais toujours en grande partie striés. Entre les drumlins la moraine de fond forme des dépressions peu accusées, dans lesquelles se logent des marais ou des tourbières. En quelques endroits des dépôts de graviers, plus ou moins bien stratifiés et souvent peu distincts de la moraine, peuvent être considérés comme accumulés par les eaux glaciaires ; tel est le cas des graviers de Ober Medikon, de Robank et de Rebacker.

La dépression du lac de Pfäffikon doit être envisagée comme une vallée d'érosion barrée par des matériaux morainiques. Ce barrage consiste en trois moraines frontales qui se suivent à de faibles intervalles du S au N ; la première traverse la vallée un peu au NW des maisons de Speck, la seconde s'étend en arc de cercle de Brandrüti à la ruine au S de Speck, la troisième forme les collines de Höchweid et de Schanz à l'W de Pfäffikon. Ces moraines ont été partiellement remaniées par l'émissaire du glacier, qui a en particulier détruit toute la portion orientale de la seconde d'entre elles et a répandu au N de Pfäffikon une abondante quantité d'alluvions. Il paraît du reste évident que ce barrage morainique n'aurait pas suffi à donner au lac de Pfäffikon la profondeur qu'il possède et il faut faire intervenir ici ou bien un affaissement local, ou bien un affouillement de la Mollasse par le glacier.

Digitized by Google

Les graviers très nettement stratifiés en couches horizontales et surtout en couches inclinées qui affleurent près de Robenhausen au S du lac paraissent avoir été déposés directement par le glacier et doivent probablement être assimilés aux Asars.

M. C. REHSTEINER [1] a rendu compte de tout ce qui a été fait dans le canton de Saint-Gall pour la conservation des blocs erratiques. La Société d'histoire naturelle a acquis 175 spécimens, dont 147 sont restés en place, tandis que 28 ont été transportés au Stadtpark de Saint-Gall. L'auteur donne la liste complète de ces blocs avec leur situation exacte, leur caractère pétrographique, leurs dimensions et leur provenance probable.

M. BR. MŒBUS [2] a entrepris une étude détaillée du **glacier pleïstocène de l'Oglio** qui, descendant du Monte Gavia, du Monte Tonale et du massif de l'Adamello, remplissait le Val Camonica et s'étendait jusqu'au S du lac actuel d'Iseo avec une longueur de plus de 100 km. et une largeur de 10 à 15 km.

Les moraines frontales de ce glacier forment entre Iseo et le Monte Orfano un vaste amphithéâtre de 12 km. de longueur sur 10 de largeur, comprenant sept chaînes concentriques de moraines, dont deux appartiennent à la première glaciation, les cinq autres à la deuxième. Des deux moraines de la première glaciation la plus interne s'étend de Monticello-Brusati par Passirano, Cazzago et Villa, jusqu'à Zocco di Sopra. La seconde n'est bien conservée qu'au NW de Rovato où elle forme un talus peu marqué parallèle à la crête du Monte Orfano. Toutes deux se distinguent des moraines internes par leur relief peu accentué, leur décomposition avancée et leur cimentation bien accusée (Feretto). Vers le S elles passent à des dépôts fluvio-glaciaires, puis à de véritables alluvions.

Les moraines terminales de la deuxième glaciation se succèdent de l'intérieur à l'extérieur suivant les lignes suivantes :

1° Clusane-Iseo.

2° Colombaro, Timoline, Provaglio (moraine très bien conservée).

[1] C. REHSTEINER. Unsere erratischen Blöcke. *Ber. über die Thätigkeit der St-Gall. naturwiss. Gesell.*, 1900-1901, p. 138-168.

[2] BR. MŒBUS. Der diluviale Oglioglетscher. *Mitth. der naturf. Gesell. Bern.* Jahrg. 1901, p. 44-66.

Digitized by Google

3° Monte Alto, Grumi, La Chiusa.

4° Nigoline, Borgonato, Fontane.

5° Adro, Erbusco, Bornato, Sergnana (très belle moraine).

Il existe en outre au S de Borgonato les restes d'une moraine médiane dirigée N-S, et deux moraines latérales sont partiellement conservées, dont l'une suit à peu près la route d'Iseo à Sergnana, et dont l'autre s'étend de Clusane à Adro le long du Monte Alto.

Les alluvions correspondant à la dernière glaciation forment des deux côtés de l'Oglio, à 35 m. environ au-dessus de la rivière, des terrasses fort belles qui se prolongent jusqu'au S de Pontoglio.

Dans la région de l'amphithéâtre, c'est la moraine de fond qui prédomine ; il s'y mêle des dépôts fluvio-glaciaires et des argiles, mais les formations alluviales sont plus abondantes vers l'W de la région morainique.

Au S du lac d'Iseo, le flanc de la vallée est couvert jusqu'à une altitude de 700 m. par des cailloutis glaciaires, sur lesquels se superposent les moraines de Pianissi-Palazzina et de Palazzina-Invino. Le glacier a probablement atteint pendant sa plus grande extension la ligne de faîte et une partie des matériaux qu'il transportait a dû tomber dans le Val Foina. Des superpositions analogues de moraines latérales sur le cailloutis glaciaire se retrouvent entre Sulzano et Marone et dans l'Isola. La moraine de fond est très développée au-dessus de Marone et dans les environs de Pisogne.

Le flanc NW de la vallée est également couvert sur de grands espaces par la moraine de fond en particulier près de Pianico, où M. Baltzer a découvert des dépôts interglaciaires à flore de climat pontique, dans la région de Solto où le cailloutis est recouvert par plusieurs moraines latérales, dans la vallée de Fonteno, près de Parzanica, dans le Val Vigolo, au-dessus de Predore et dans le Val Adrara.

Dans le Val Camonica en amont du lac d'Iseo, on trouve soit des cailloutis de la moraine profonde, soit des tronçons de moraines latérales, mais il n'y existe aucun indice de moraine frontale. Les mamelons drumliniques sont très abondants sur les deux versants de la vallée et par places les roches sont superbement polies et striées.

Au-dessus de Beno la limite supérieure de l'erratique est à 1700 m., soit à 1400 m. au-dessus du seuil de la vallée, puis elle s'abaisse assez rapidement, et au-dessus d'Iseo elle ne dépasse pas 650 m.

Digitized by Google

Parmi les éléments erratiques transportés par le glacier de l'Oglio les plus abondants sont le granite de l'Adamello, les gneiss à séricite, les quartzites micacés, les quartzporphyres, les calcaires du Lias, les grès et les conglomérats du Trias, les calcaires rhétiens et les corgneules. A ces roches se mêlent en quantité beaucoup plus faible des diorites, des amphibolites, de la majolica, des marbres blancs, des schistes siliceux du Jurassique moyen et supérieur, etc....

Des dépôts interglaciaires ont été découverts à Pianico, à l'W de Sarnico, à Vidongo, dans le Val Foresto et dans le Val Cavallina.

Si l'on fait abstraction d'une première glaciation possible, à laquelle correspondraient les alluvions de Montecchio, le glacier de l'Oglio a marqué une grande crue à laquelle appartiennent la moraine de fond inférieure de Pianico, les moraines de Castro et Grone, les moraines latérales supérieures de la rive droite du lac et les deux moraines terminales externes de l'amphithéâtre d'Iseo. Ensuite il a dû se retirer fort loin dans l'intérieur des chaînes et un climat doux s'est établi, comme l'attestent les restes de *Rhododendron ponticum*, de *Rhinoceros Mercki*, et d'*Elephas meridionalis* découverts à Pianico et ailleurs. Puis le glacier a dessiné une nouvelle crue presque aussi importante que la précédente, et a poussé ses moraines frontales jusqu'à la ligne Adro-Bornato-Cazzago. Enfin il s'est retiré d'abord lentement, en déposant successivement les quatre moraines terminales de l'amphithéâtre d'Iseo, puis beaucoup plus rapidement, comme le montre l'absence de moraines frontales dans le Val Camonica.

Morphologie et Hydrographie quaternaires. — M. E. Brückner [1], se basant sur un grand nombre d'observations, admet que, avant la première glaciation, une vaste plaine formée par dénudation devait s'étendre des Alpes au Jura avec une faible inclinaison vers ce dernier. C'est sur cette plaine, dont les massifs du Napf, du Hörnli et du Gibloux dépassaient seuls le niveau, que s'est déposé le Deckenschotter. L'inclinaison de cette plaine subalpine s'est conservée jusqu'à nos jours, et à ce propos l'auteur montre que les terrasses à inclinaison inverse des bords du lac de Zürich ont un plongement qui correspond exactement à la compo-

[1] E. Brückner. Morphologie du Plateau suisse et du Jura. *C. R. des travaux Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 102-104, et *Archives Genève*, t. XIV, p. 475. Voir aussi *Eclogæ*, vol. VII, p. .

Digitized by Google

sante du plongement de la Mollasse sous-jacente qui tombe dans le plan axial de la vallée. M. Æppli a été induit ici en erreur par le fait qu'il a tenu compte seulement du plongement de la Mollasse dans la direction perpendiculaire à l'axe des plis. Les terrasses en question sont des terrasses de dénudation conformes aux couches de la Mollasse.

Modifiant ensuite la conception émise par M. Heim, l'auteur admet qu'un affaissement du massif alpin a dû se produire immédiatemeut après le plissement, soit au début du Pliocène ; ensuite l'érosion ayant provoqué une diminution de masse considérable des Alpes un nouvel exhaussement a dû avoir lieu.

Dans une seconde notice consacrée à la **morphologie du Jura**, M. E. Brückner [1] rappelle tout d'abord la classification des états morphologiques établis par M. W.-M. Davis qui distingue : 1° l'état de jeunesse dans lequel les formes sont encore étroitement dépendantes de la tectonique et l'œuvre de l'érosion n'est qu'ébauchée ; 2° l'état de maturité dans lequel les grandes vallées sont déjà creusées et les principaux cours d'eau ont atteint leur profil d'équilibre, mais où les crêtes n'ont subi encore qu'une faible dénudation ; 3° l'état de sénilité où le relief tectonique a été effacé par le travail continu de l'érosion et de la désagrégation, et où les vallées ne sont plus séparées que par de larges dos plats. Cet état amène finalement à la pénéplaine, dont la surface n'est plus que faiblement ondulée.

Passant ensuite à la morphologie du Jura, l'auteur montre que le Jura tabulaire doit être considéré comme une plaine de dénudation, malgré l'horizontalité de ses formations constituantes, parce que les failles qui le traversent ne sont marquées par aucune dénivellation. Quant au Jura plissé, il forme sur toute la bordure SE, ainsi que dans la région du Lomont, du Clos du Doubs et des cluses bernoises, des chaînes anticlinales bien accusées, tandis que dans les Franches Montagnes et une partie du Jura neuchâtelois et vaudois les couches sont bien plissées en anticlinaux et synclinaux, mais ces plis sont abrasés et la surface du sol, à peine ondulée, prend la forme d'une pénéplaine de dénudation. La transition de la première morphologie à la seconde est du reste graduelle ; le Mont Damin et la Tête de Rang

[1] E. Brückner. Notice préliminaire sur la morphologie du Jura suisse et français. *Archives Genève*, t. XIV, p. 633-642.

Digitized by Google

représentent clairement des voûtes tronquées par une surface oblique plongeant de 5° à 6° vers le NW et se raccordant avec la surface de la pénéplaine ; même la chaîne du Chasseral est tronquée du côté NW par une surface de dénudation semblable qui plonge cette fois de 15° à 18°. Ainsi la pénéplaine des Franches Montagnes se continue dans les chaînes jurassiennes, mais ici elle est disloquée, inclinée et en partie replissée.

Il faut donc admettre que le Jura a passé par deux phases de plissement séparées par une période de repos et de dénudation. Le plissement primaire date de la fin du Miocène, tandis que la phase de dénudation et la dislocation secondaire qui l'a suivie doivent être d'âge pliocène. Cette dernière dislocation doit avoir consisté non seulement dans un replissement des chaînes jurassiennes, mais aussi dans un soulèvement général de toute la région du Jura, car on ne pourrait expliquer autrement le caractère juvénile de plusieurs des vallées (Doubs, Saint-Imier, Ain), qui traversent cette topographie d'un type tout à fait sénile.

D'autre part, la présence de galets provenant du bassin du Rhône et des Alpes centrales dans les alluvions pliocènes, qui du Sundgau s'étendent en avant du Jura jusque dans les vallées de la Saône et du Vignon, semble démontrer que le Jura a dû pendant une partie du Pliocène faire partie intégrante de la pénéplaine subalpine, de telle façon que le transport des graviers alpins pouvait se faire sans obstacle par dessus sa surface. Ainsi le soulèvement définitif du Jura doit se placer entre le dépôt des alluvions du Sundgau et celui du Deckenschotter.

M. Th. Bieler [1], reprenant la discussion de la thèse de Morlot suivant laquelle les lacs de Genève et de Neuchâtel auraient formé à un moment donné un seul grand bassin en forme de T, a montré que les hautes terrasses franchement lémaniques ne s'élèvent pas à plus de 30 m. au-dessus du niveau actuel du lac. Au delà de cette altitude, les terrasses existantes se sont formées dans des lacs de barrage latéraux au glacier du Rhône ; ainsi à Chamblandes et à Montriond le Crêt, à 42 m. au-dessus du lac, se trouvent des alluvions dont les strates sont nettement inclinées du S au N, soit dans une direction justement opposée à celle de l'inclinaison

[1] Th. Bieler. Le Léman et le lac de Neuchâtel ont-ils été soudés autrefois aux temps postglaciaires de façon à former un bassin unique ? *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.* C. R. de la séance du 2 juil. 1902.

Digitized by Google

d'alluvions lémaniques. D'autre part les terrasses de Thonon, qui sont caractérisées par l'inclusion de gros blocs erratiques et par leur suface très inégale, font l'impression d'un alluvionnement formé graduellement par la Dranse au bord du glacier qui se retirait ; elles ne représentent pas des terrasses lacustres du Léman. Enfin les terrasses de la Veveyse paraissent être des alluvions terrigènes, déposées elles aussi dans un lac de barrage latéral au glacier. Ainsi il paraît démontré que le niveau du lac de Genève n'a jamais dépassé de plus de 30 m. son niveau actuel et qu'il n'a par conséquent pas pu se former la grande nappe d'eau continue du Fort de l'Ecluse à Wangen que supposaient Morlot et d'autres après lui.

M. A. Baltzer[1], à la suite de nouvelles recherches dans le bassin du lac d'Iseo, a reconnu d'une façon certaine l'**inclinaison inverse des moraines latérales** sur le flanc SE de la vallée entre le Redondone et la Punta del Orso. De même les terrasses qui s'échelonnent sur le versant NW depuis les bords du lac (185 m.) jusqu'à 1000 m. sont inclinées vers l'amont. Ces observations confirment l'hypothèse d'après laquelle la formation du lac d'Iseo serait due à un affaissement transversal à l'axe de la vallée.

Autour du bras de Lecco du lac de Côme, l'inclinaison des terrasses est nettement inverse et comme la profondeur du lac augmente progressivement de Lecco à Bellagio, il paraît y avoir une corrélation entre l'abaissement du fond du lac et la marche rétrograde des terrasses. Ainsi le lac de Côme comme celui d'Iseo, semble devoir son origine à des déformations tectoniques du sol et à un affaissement local transversal à la direction de sa vallée.

Faunes quaternaires. — Grâce à de nouvelles recherches entreprises par M. le Dr Nuesch dans la caverne de Thayngen, des débris plus ou moins calcinés de divers animaux, restes des repas des populations de l'époque magdaléenne qui habitaient cette station, y ont été découverts. M. Th. Studer[2], auquel ces ossements ont été communiqués, a pu y reconnaître les espèces suivantes : le lion, le chat sauvage

[1] A. Baltzer. Zur Entstehung des Iseosee- und des Comerseebeckens. *Centralblatt. f. Min. Geol. u. Pal.*, 1902, p. 323-331.

[2] Th. Studer. Les ossements trouvés dans la caverne de Thayngen. *C. R. des travaux Soc. helv. des sc. nat.*, 1902, p. 167, et *Archives Genève*, t. XIV, p. 540-543.

Digitized by Google

des steppes sibériennes, le lynx, le loup, le renard bleu, le renard vulgaire, le glouton, la marte, la loutre, l'ours, la musaraigne, le lièvre alpin, le lièvre commun, la marmotte, le souslik, le pall, le hamster, le mulot, le campagnole des neiges, le lemming à collier, le loir, le castor, le mammouth, le rhinocéros tichorhinus, le cheval, l'âne sauvage, le cerf, le chamois, le bouquetin, le bœuf primitif, le bison, puis plusieurs oiseaux, parmi lesquels *Lagopus albus* et *Lag. alpinus*. Ce qui frappe ici c'est la réunion d'animaux qui ne se trouvent généralement pas ensemble, les uns, comme le mammouth, le rhinocéros, le renard bleu et surtout le lemming à collier, appartenant à la faune des toundras glaciales, les autres comme le souslik, le hamster, l'âne et le cheval appartenant à la faune des steppes, d'autres enfin, comme le cerf, le bison, le bœuf, la marte, le loir, appartenant à la faune des forêts. Ce mélange s'explique puisqu'il a été créé par l'homme chasseur, surtout si l'on admet que près des glaciers retirés depuis peu se trouvaient de véritables toundras peu étendues, tandis qu'un peu plus loin s'étaient déjà formées de véritables steppes et que dans les parties abritées avaient dû s'établir des forêts importantes.

M. E. Kissling[1] a signalé la découverte d'ossements de marmottes dans des graviers fluvio-glaciaires près de Krauchthal (environs de Berne). D'autre part, un véritable terrier, au fond duquel gisaient deux squelettes de marmottes a été mis au jour lors de l'établissement de la ligne Berthoud-Thoune au S de Biglen dans une ancienne moraine du glacier de l'Aar. Enfin, d'autres ossements du même animal ont été trouvés récemment à l'extrémité orientale du Jensberg dans des alluvions fluvio-glaciaires, ainsi que sur l'emplacement de la nouvelle route forestière Spitalheimberg Schnittweier.

M. Th. Stingelin[2] a décrit en détail un crâne d'*Elephas primigenius* qui a été découvert en 1901 au pied de la Hardegg près d'Olten et qui a été déposé au musée de cette ville. Ce crâne est avec celui de Niederweningen, qui appartient au musée de Zurich, le mieux conservé de ceux qui ont été trouvés en Suisse. Il était inclus dans un amas de

[1] E. Kissling. Weitere Funde von Arctomysresten aus dem bernischen Diluvium. *Mittheil. der naturf. Gesell. Bern*, 1901, p. 103-105.

[2] H. Stingelin. Ueber ein im Museum zu Olten aufgestelltes Kranium von Elephas primigenius. *Mém. Soc. pal. suisse*, vol. XXIX, 1902.

Digitized by Google

graviers, de sable et d'argile qui comblait une sorte de fossé peu profond creusé dans le Malm et qui était supporté par une couche d'alluvion appartenant au système des Basses Terrasses.

M. H. WEGELIN[1] a signalé la découverte près de Diessenhofen dans les alluvions de la troisième glaciation de trois vertèbres cervicales d'un petit cheval, qui paraît appartenir à la même race connue déjà du Schweizersbild et de Thayngen.

Le même auteur a signalé d'autre part la découverte d'un bois complet, d'un crâne et de diverses parties du squelette de *Cervus elaphus* faite dans la craie lacustre sous-jacente à la tourbe entre Morischwang et Hernzikon (Thurgovie). La craie renferme d'autre part des Limnées, Valvata, Planorbis et Pisidium.

Enfin, M. Wegelin a récolté dans l'argile quaternaire de Moos entre Langdorf et Felben (Thurgovie) 26 espèces de Gastéropodes continentaux ou d'eau douce et 2 espèces de Lamellibranches, qui appartiennent toutes à des formes actuellement vivantes. Des gisements analogues se retrouvent près de Weinfelden et d'Andeldingen.

Objets travaillés préhistoriques. — M. BODMER-BEDER[2] a entrepris une étude pétrographique des divers **matériaux qui ont servi aux populations des palafites pour la fabrication de leurs instruments,** dans le but de déterminer l'origine de ces matériaux. Son examen a porté spécialement sur des échantillons provenant des stations lacustres des lacs de Bienne, de Neuchâtel, de Morat, de Constance et de Zurich. Les matériaux étudiés, classés pétrographiquement, se répartissent comme suit :

1° Les néphrites compactes ont été fréquemment employées et se trouvent parmi les matériaux travaillés des stations de Zug et de Cham, de Maurach, Eschenz et Mammern au bord du lac de Constance, de Lüscherz et Gerlafingen sur le lac de Bienne, de Fond sur le lac de Neuchâtel. Ces roches sont formées par un agrégat de fibres microscopiques d'amphibole néphritique au milieu duquel se déta-

[1] H. WEGELIN. Kleinere Mittheilungen. *Mittheil. der thurgau. naturf. Gesell.*, H. 15, p. 58.

[2] A. BODMER-BEDER. Petrographische Untersuchungen von Steinwerkzeugen und ihrer Rohmaterialen aus schweizerischen Pfahlbaustätten. *N. Jahrb. f. Min. Geol. und Pal., Beilage*, B. XVI, p. 165-198, 1902.

Digitized by Google

chent des cristaux de trémolite ; elles rappellent exactement les néphrites du massif du Gothard d'où elles ont été probablement transportées sur la plaine suisse par les glaciers.

2° Les jadéites compactes existent en petite quantité parmi les objets travaillés des stations de Zurich (Bauschanze), de Mörigen et de Gerlafingen ; on les retrouve d'autre part dans le matériel erratique des lacs de Genève, Neuchâtel et Bienne. Ce sont des roches vertes, translucides aux arêtes, formées essentiellement de petits cristaux de jadéite, avec une structure cataclastique très développée. Quoiqu'aucune roche semblable ne soit connue jusqu'ici en place dans les Alpes suisses, il paraît probable que ces jadéites ont dû exister dans les massifs de l'Allalin, du Görnergrat et du Mont Rose en connection avec les amphibolites serpentineuses et les schistes à glaucophane qui s'y trouvent encore actuellement.

3° L'auteur réunit sous le nom de chloromélanites une série d'échantillons vert-foncé, compacts ou finement grenus, formés essentiellement de jadéite et d'amphibole. Deux haches provenant du lac de Bienne et de Mörigen, formées de chloromélanite typique, appartiennent à un type pétrographique qui se retrouve dans les dépôts fluvio-glaciaires du Rhône. Une hache du lac de Bienne, constituée par un agrégat très fin de jadéite et de hornblende, correspond comme composition et comme structure à certaines concrétions qu'on rencontre dans les granites et les syénites. Enfin on trouve sur les bords du lac de Bienne, comme matériel brut des fragments d'une roche massive, vert-foncé, formée d'amphibole, de jadéite, de diopside et de plagioclase avec très peu de quartz, qui rappelle beaucoup les apophyses filoniennes des formations gabbroïdes.

4° Plusieurs objets récoltés sur les bords du lac de Zug sont confectionnés avec une serpentine toute semblable à celle qui affleure à la Gurschenalp sur le versant N du Gothard, et qui résulte de la serpentinisation d'une Harzburgite typique traversée par le tunnel. Il existe en outre dans les stations palafitiques du lac de Bienne et d'Enggistein près de Biglen (Emmenthal) des serpentines, dont l'origine doit être cherchée dans la zone amphibolitique qui traverse les Alpes bernoises, le massif du Trift et les vallées d'Aletsch et de Lötsch.

5° Sur les bords des lacs de Bienne et de Neuchâtel se trouvent en abondance des objets confectionnés avec des

Digitized by Google

gabbros plus ou moins décomposés, en général très riches en Saussurite, qui paraissent appartenir aux gabbros du massif du Mont Rose et de la vallée de Saas. Certaines Saussurites très compactes peuvent être facilement confondues avec des jadéites.

Il paraît donc probable que tous les matériaux utilisés par les populations néolithiques de Suisse pour la confection de leurs instruments proviennent des Alpes, quoique l'origine de beaucoup d'entre eux ne puisse pas être fixée avec certitude. Ce sont évidemment les glaciers qui ont opéré le transport de ces différentes roches de leur point d'origine jusque dans la région des lacs.

Populations préhistoriques. — Par suite de nouvelles fouilles entreprises à Chamblandes près de Pully (Vaud), MM. Schenck[1] et Næf ont mis au jour douze nouvelles tombes, semblables à celles déjà décrites de la même localité par Morel-Fatio et par le Dr Marcel. Ces sépultures, réunies par groupes de quatre à six, sont orientées de l'E à l'W ; elles sont formées uniformément de quatre dalles placées de champ en rectangle et sont couvertes par une pierre plate plus grande que les autres. Le mobilier funéraire accompagnant les corps comprend : 1° des défenses de sanglier toutes percées aux deux extrémités, imbriquées, et disposées sur trois rangées de douze, de façon à former sur la poitrine une sorte de plastron ; 2° des coquillages marins, d'origine méditerranéenne, qui paraissent avoir été portés autour du cou par les femmes ; 3° de petites rondelles percées, taillées dans des coquillages ; 4° des morceaux d'ocre jaune et rouge placés en général vers la tête et les mains. Dans une tombe on a trouvé des poteries grossières du type néolithique ; en outre, des restes de charbon et d'os calcinés, qui se sont rencontrés aussi bien dans les tombes que dans leur voisinage, semblent provenir de cérémonies religieuses. Ce mobilier funéraire est le même que celui qu'on rencontre dans les stations néolithiques de Concise et de Chevroux.

Les tombes fouillées par MM. Schenck et Næf renferment généralement deux squelettes couchés sur le côté gauche avec la face tournée vers le S ; les colonnes vertébrales sont recourbées, les jambes ramenées contre la poitrine et les bras repliés avec les mains réunies sur le cou ou la face.

[1] A. Schenck. Les sépultures et les populations préhistoriques de Chamblandes. *Bull. Soc. vaud. des sc. nat.*, t. XXXVIII, p. 157-185.

Digitized by Google

TABLES SPÉCIALES

DE LA

REVUE GÉOLOGIQUE SUISSE

I. TABLE DES MATIÈRES

		Pages
	Introduction	601
	Nécrologies	601
I.	**Tectonique.** Alpes. Massif du Simplon	603
	Grands plis couchés et nappes de charriage	605
	Alpes calcaires occidentales. Kienthal. Alpes calcaires de Savoie.	613
	Préalpes. Environs de Territet. Hornfluh	616
	Jura. Région de Baulmes-Ste Croix-Côte-aux-Fées. Moutier. Cluses de Mumliswyl et d'Œnsingen. Hauenstein. Lägern	617
	Plateau mollassique	624
II.	**Minéralogie et Pétrographie.** Minéralogie	626
	Minéraux du Binnenthal	626
	Gites minéraux du massif de l'Aar	629
	Minéraux divers	634
	Point de fusion des minéraux	635
	Pétrographie. Massif de l'Aar	637
	Gites métallifères du mont Chemin	638
	Aiguilles-Rouges	642
	Asbest de Poschiavo	645
	Aérolithes	646
III.	**Géologie dynamique.** Actions et agents externes	646
	Sources et eaux d'infiltration. Venues d'eau dans le tunnel du Simplon. Sources de Saint-Moritz. Source de la Noiraigue	646
	Cours d'eau. Erosion tourbillonnaire. Erosion post-glaciaire. Circulation des torrents à l'air libre et sous les glaciers. Erosion et transport opérés par la Sarine. Rapides de Laufenbourg	649
	Ruissellement. Lapiés du Jura	656

Digitized by Google

Pages

Lacs. Sédimentation. Origine des lacs glaronnais. Lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat. Seiches 657
Glaciers et névés. Variations 662
Avalanches 667
Structure rubannée 667
Transports éoliens 670
Tourbières 671
ACTIONS ET AGENTS INTERNES. *Tremblements de terre* 671
Volcanisme 672
Métamorphisme. 673

IV. **Stratigraphie et Paléontologie.** *Généralités* 675
Trias. Hauenstein et Lägern 675
Jurassique. Alpes 676
Préalpes et klippes 677
Jurassique du Jura 678
Crétacique. Hautes-Alpes calcaires 685
Crétacique des Préalpes 686
Crétacique du Jura 689
Nummulitique et Flysch. Classification des Nummulites 691
Nummulitique des Hautes-Alpes calcaires 692
Sidérolithique. Jura bernois 694
Mollasse. Région de Genève et Bellegarde 696
Faunes de Vertébrés oligocènes 700
Mollasse du Jura 701
Mollasse du plateau suisse 702
Pleïstocène. Dépôts glaciaires et fluvioglaciaires du bassin de l'Arve 706
Alluvions du bassin du Léman 708
Quaternaire du Jura occidental 710
Quaternaire des environs d'Aarau et Melligen 715
Quaternaire de l'Emmenthal 717
Quaternaire des environs de Pfäffikon et de Saint-Gall 721
Glacier pleïstocène de l'Oglio 723
Morphologie et hydrographie quaternaires 725
Faunes quaternaires 728
Objets travaillés préhistoriques 730
Populations préhistoriques 732

Digitized by Google

II. TABLE DES AUTEURS

AEBERHARDT, B. Alluvion du bassin du Léman, 708. Blocs erratiques du Jura bernois, 714.

ANTENNEN, F. Dépôts glaciaires de l'Emmenthal, 717.

BALTZER, A. Biographie de Fellenberg, 601. Géologie du massif de l'Aar, 637. Origine des lacs de Côme et d'Iseo, 728.

BAUMHAUER, H. Constitution des minéraux, 626. Lépidolithe, 626. Seligmannite, 626. Minéraux divers du Binnenthal, 627.

BIELER, TH. Extension préhistorique du Léman, 727.

BILLWILLER, R. Tremblements de terre en 1901, 671.

BLUMER, S. Origine des lacs glaronnais, 657.

BODMER-BEDER, A. Asbest de Poschiavo, 645. Objets travaillés néolithiques et leur origine, 730.

BOERIS, G. Anatase du Saint-Gothard, 634.

BRÜCKNER, ED. Sédimentation dans le lac d'Oeschinen, 657. Morphologie du plateau suisse, 725. Morphologie du Jura, 726. Voir Penck.

BRUGNATELLI, L. Olivine titanifère du val Malenco, 635. Beryll de Sondalo, 635.

BRUN, A. Point de fusion des minéraux, 635. Théorie du volcanisme, 672.

BRUNHES, J. Erosion tourbillonnaire, 649.

BÜHRER, W. Action calorique de la neige, 669.

CHAIX, E. Erosion postglaciaire, 652.

COHEN, E. Météorite de Rafrüti, 646.

CRAMMER. H. Structure rubannée des glaciers, 668.

DEPÉRET, CH. et DOUXAMI, H. Vertébrés oligocènes de Pyrimont, 697.

DOUXAMI, H. Crétacique du massif de Platé, 686. Nummulitique de la même région, 692. Mollasse des environs de Genève, 696. Tertiaire de la vallée Bellegarde-Seyssel, 697. Quaternaire de la même région, 706. Quaternaire du massif de Platé, 707. Voir Depéret.

DUBOIS, A. Source de la Noiraigue, 649.

FINSTERWALDER, S. et MURET, E. Variations des glaciers, 663.

FOREL, F.-A. Glaciers du Mont Blanc en 1780, 664. Chutes de poussières, 670.

FOREL, F.-A., LUGEON, M. et MURET, E. Variations des glaciers, 662.

GERBER, E. Tectonique du Kienthal, 613.

GREMAUD, A. Fossiles de Montsalvens, 636. Grès du Flysch, 694.

GREPIN, ED. Fossiles originaux du Musée de Bâle, 675.

HAGENBACH-BISCHOFF. Variations du glacier du Rhône, 662.

HAUG, E. Pli couché des Diablerets, 613.

HEIM, A. Tectonique des Alpes, 611.

HELBLING, R. Gites métallifères du Mont Chemin, 638.

HESS, H. Structure rubannée des glaciers, 667 et 669.

Digitized by Google

JACCARD, FR. Blocs exotiques de la Hornfluh, 616.

JACKSON. Voir Solly.

JOUKOWSKY, E. Eclogites des Aiguilles-Rouges, 642.

JUILLERAT, E. Voir Rollier.

KISSLING, E. Mollasse de l'Emmenthal, 702. Cailloux de limon dans un sable fluvio-glaciaire, 720. Restes de marmottes pleïstocènes, 729.

KŒNIGSBERGER, J. Gites minéraux du massif de l'Aar, 629.

LEWIS, W.-J. Minéraux du Binnenthal, 629.

LORIOL, P. DE. Oxfordien du Jura lédonien, 684.

LORY, P. Tronçon épigénétique du Drac, 653. Lias alpin, 677.

LUGEON, M. Tectonique du Simplon, 604. Nappes de recouvrement alpines et préalpines, 605 et 613. Klippe des Annes, 616. Aérolithe de Châtillens, 646. Lias des Annes, 678. Voir Forel.

MACHACEK, F. Glaciers du Jura occidental, 710.

MOEBUS, BR. Glacier pleïstocène de l'Oglio, 723.

MÜHLBERG, FR. Tectonique du Hauenstein et de la Lägern, 622. Trias de la même région, 675. Jurassique de la Lägern, 679. Pleïstocène d'Aarau-Mellingen, 715. Pleïstocène de la Lägern, 716.

MURET, E. Voir Finsterwalder, voir Forel.

PENCK, A. et BRÜCKNER, ED. Période glaciaire dans les Alpes, 706.

PERROT, S. DE. Niveau des lacs de Neuchâtel, Bienne et Morat, 661.

PREISWERK, H. Rhétien du col de Coux, 677.

PREVER, P. Etude sur les Nummulites, 691.

RABOT, CH. Variations des glaciers, 666.

REHSTEINER, C. Blocs erratiques de Saint-Gall, 723.

RENEVIER, E. Axe anticlinal de la Mollasse, 624.

RITTENER, TH. Tectonique de la région de Baulmes, Sainte-Croix, Côte-aux-Fées, 617. Jurassique de la même région, 679. Crétacique, 689. Tertiaire, 701. Quaternaire, 712.

RITTER, G. Erosion et transport opérés par la Sarine, 655.

RŒSSINGER, G. Tectonique des environs de Territet, 616.

ROLLIER, L. Carte des environs de Moutier, 620. Lapiés du Jura, 656. Poches sidérolithiques, 695. Miocène du nord de la Suisse, 704. Age de la Nagelfluh, 704. Age des calcaires à Helix sylvana, 705.

ROLLIER. L. et JUILLERAT, E. Poches sidérolithiques, 694.

ROSSEL, A. Théorie du volcanisme, 672.

ROTHPLETZ, A. Tectonique du Rhæticon, 603. Sources de Saint-Moritz, 648.

SARASIN, CH. Tectonique des Alpes calcaires de Savoie et de la klippe des Annes, 614. Lias des Annes, 678. Crétacique des Alpes calcaires de Savoie, 685. Nummulitique, 692.

SARASIN, CH. et SCHŒNDELMAYER, CH. Ammonites du Crétacique inférieur de Châtel-Saint-Denis, 686.

SARASIN, ED. Mouvements ondulatoires des lacs, 662.

SCHARDT, H. Tectonique du Simplon, 603. Nappes de recouvrement alpines et préalpines, 612. Venues d'eau dans le tunnel du Simplon, 646. Source de la Noiraigue, 649. Avalanche du glacier de Rossboden, 667.

Digitized by Google

Schenck, A. Populations préhistoriques de Chamblandes, 732.

Schmidt, C. Scheelite de l'Etzlithal, 634. Age des schistes grisons, 676.

Schmidt, H. Tourbières de Suisse, 671.

Schœndelmayer, Ch. Voir Sarasin, Ch.

Solly, R.-H. Sartorite, Rathite et Jordanite du Binnenthal, 627. Baumhauerite, Binnite, Dufrénoysite de la même région, 628.

Solly et Jackson. Livéingite du Binnenthal, 629.

Spring, W. Origine de la schistosité, 673.

Stehlin, G.-H. Vertébrés du Sidérolithique, 694. Faunes de Mammifères oligocènes en Suisse, 700.

Steinmann, G. Origine des cluses d'Œnsingen et Mumliswyl, 621.

Stingelin, Th. Crâne d'Elephas meridionalis, 729.

Strübin, K. Bajocien de Liesthal, 678.

Taramelli, T. Tectonique du Simplon, 604.

Tarnuzzer, Chr. Asbest de Poschiavo, 645.

Tornquist, A. Tectonique de la région des lacs nord-italiens, 603.

Vallot, G., Mme et Vallot, J. Circulation des torrents à l'air libre et sous les glaciers, 654.

Vallot, J. Marche et variations de la Mer de glace, 664.

Walther, H. Rapides de Laufenbourg, 655.

Weber, J. Mollasse des environs de Pfäffikon, 705. Pleïstocène de la même région, 721.

Wegelin, H. Flore tertiaire, 706. Restes de Mammifères et Mollusques du Pleïstocène de Thurgovie, 730.

Zuber, R. Origine du Flysch, 692.

Digitized by Google

ECLOGÆ GEOLOGICÆ HELVETIÆ

Vol. VII.

Avec 15 planches et 37 clichés.

CONTENU — INHALT

N° 1. — Juillet 1901.

	Pages
1. Revue géologique suisse de 1900	5
1re partie. Tectonique, par H. SCHARDT	5
2e » Minéralogie et Pétrographie, par H. SCHARDT	21
3e » Géologie dynamique par CH. SARASIN	38
4e » Stratigraphie et Paléontologie, par CH. SARASIN	53
Tables spéciales de la Revue	99

N° 2. — Octobre 1901.

2. ÆBERHARDT. Phase de récurrence des glaciers (Pl. 1)	103
3. STRÜBIN. Keuper-Lias Schicht. de Niederschönthal	119
4. PREISWERK. Serpentin am Geisspfad	123
5. LEUTHARDT. Lettenkohle von Neuewelt	125
6. KÆCH. Porphyrgebiet zwischen Luganersee u. Val Sesia	129
7. KÜNZLI. Petrographie der Massaïländer	136
8. BALTZER. Umgebung des Iseo-Sees	137
9. SCHMIDT. Wulfenit aus Saint-Luc	139
10. Compte-rendu de la réunion de *Zofingen*	141
A. Rapport du Comité 1900-1901	141
B. Controlbericht über die Rechnungen	144
C. Protocole de la 20e Assemblée générale	144
D. Protocole de la Section de géologie	146
E. Rapport de la Commission géologique suisse	148
F. Excursionsbericht (renvoyé)	152

N° 3. — Février 1902.

11. MÜHLBERG. Excursionen 1901 im Jura (Pl. 2, 3)	153
12. SCHARDT. Blocs exotiques de la Hornfluh	196
13. ÆBERHARDT. Blocs erratiques de la moraine externe	199
14. BLUMER. Glarnische Alpenseen (Pl. 4 à 7)	203

Digitized by Google

N° 4. — Janvier 1903.

Pages

15. Mühlberg. Erläuterung. z. geol. Karte d. Lägernkette . . 245
16. Æberhardt. Alluvions anciennes de Genève 271
17. Renevier. Axe anticlinal de la Mollasse (Pl. 8, 9. Cl. 10-13) 287
18. P. Lory. Epigénie glaciaire du Drac 299
19. Gerber. Eocæn des Kienthals (Cl. 14) 301
20. Compte-rendu de la réunion de *Genève* 305
    A. Rapport du Comité pour 1901-1902. 305
    B. Protocole de la 21e Assemblée générale 308
    C. Programme des excursions en Savoie. 311
    D. Rapport de la Commission géologique suisse . . . 318
21. Ch. Sarasin. Région des Vergys, Annes, Aravis (Pl. 10. Cl. 15-16) 321
22. P. Lory. Facies à entroques du Lias. 334
23. Lugeon. Naissance des Alpes suisses 335
24. Schardt. Avalanche du glacier de Rossboden 347
25. Forel. Poussières éoliennes 350
26. Baumhauer. Mineralen aus dem Binnenthal 351
27. » Kristalbau des Lepidolith 354
28. A. Rossel. Cause possible des éruptions volcaniques . . 355
29. A. Brun. Glaciers du Spitzberg en 1902 357
30. Stehlin. Grenze zwischen Oligocæn und Miocæn. . . . 360
31. » Fauna des Bohnerzes vom Chamblon 365

N° 5. — Avril 1903.

32. Schardt et Dubois. Géologie des gorges de l'Areuse (Pl. 11 à 15 ; Cl. 17 à 36) 367

N° 6. — Juin 1903.

33. Revue géologique suisse de 1901 477
    1re partie. Tectonique, par H. Schardt 477
    2e » Minéralogie et Pétrographie, par H. Schardt. 508
    3e » Géologie dynamique, par Ch. Sarasin . . . 528
    4e » Stratigraphie et Paléontologie, par Ch. Sarasin 546
    Tables spéciales de la Revue 598

N° 7. — Novembre 1903.

34. Ch. Sarasin. Revue géologique suisse de 1902. 601
    1re partie. Tectonique. 603
    2e » Minéralogie et Pétrographie 626
    3e » Géologie dynamique. 646
    4e » Stratigraphie et Paléontologie. 675
    Tables spéciales de la Revue 733
Contenu du volume VII 738

Digitized by Google

Digitized by Google

Chez GEORGES BRIDEL & Cie éditeurs à Lausanne.

A PARIS
A LA LIBRAIRIE FÉLIX ALCAN
108, boulevard St Germain.

A BALE
CHEZ GEORG & Cie
libraires.

CONGRÈS GÉOLOGIQUE INTERNATIONAL

COMPTE-RENDU DE LA 6e SESSION EN SUISSE

Août 1894, Zurich.

Prix avec 12 tableaux en couleurs :

25 francs. — 20 marcs. — £ 1. — $ 5.

CHRONOGRAPHE GÉOLOGIQUE

12 grands tableaux en couleur, avec texte explicatif, et Répertoire stratigraphique polyglotte,

par E. RENEVIER, prof.

Prix : **10 francs.** — Les tableaux seuls, en feuilles : **6 francs.**

Récentes publications de la

COMMISSION GÉOLOGIQUE FÉDÉRALE

En dépôt chez A. Francke, à Berne.

Carte géologique du bassin du Léman. 2e édition de la Feuille XVI, au 1 : 100000. . . . . 10 fr.

Carte géologique des environs de Moutier, au 1 : 25000. 6 fr.

Carte géologique des environs de Bellelay, au 1 : 25000. 6 fr.

Geologische Karte der Lägern, 1 : 25000 . . . . . 6 fr.

Carte géologique de Sainte-Croix, Côte-aux-Fées, etc. 1 : 25000 . . . . . 6 fr.

Matériaux pour la carte géologique de la Suisse (vol. 4°) :

— 2e série, livraison IX : OBERHOLZER, *Monographie einiger prähistorischen Bergstürze in den Glarneralpen.* 15 fr.

— » livraison X : LORENZ, *Monographie des Fläscherberges.* Mit 5 Taf., 1900 . . . . . 10 fr.

— » livr. XI : BUXTORF, *Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura.* Mit 3 Taf., 1901 . 10 fr.

— » livr. XIII : RITTENER, *Etude géologique des environs de Sainte-Croix.* Avec carte et 4 pl., 1902 . . . . 15 fr.

— 3e série (Géotechnique) livr. II : KISSLING, *Molassekohlen westlich der Reuss.* Mit 5 Taf., 1903 . . . . . 5 fr.

Digitized by Google

Comptoir suisse de Paléontologie et d'Archéologie

CHARLES OGIEZ PÈRE

1, RUE DE L'ÉVÊCHÉ, GENÈVE

Fossiles de choix, pour musées et collectionneurs. — Moulages de fossiles typiques. — Brachiopodes restaurés. — Reliefs géotectoniques pour l'enseignement. — Objets préhistoriques des cavernes, palafites et tombeaux, des âges de la pierre, du bronze et du fer.

ACHAT et ÉCHANGE de fossiles et de préhistoriques.

PRIX DES ECLOGÆ

Le vol. I des *Eclogæ* n'est plus en vente séparément.

	En librairie.	Aux membres.
Série des volumes I à V	Fr. 65 —	Fr. 55 —
Volumes II à VI, séparément . . .	» 12 —	» 10 —
Volume VII	» 20 —	» 15 —
Fascicules disponibles des vol. I à V .	» 2 50	» 2 —

Dès le N° 1 du vol. VI le prix de chaque livraison est marqué sur la couverture. — Réduction de $^1/_4$ pour les membres.

Demande :

La Rédaction des *Eclogæ* serait reconnaissante à qui pourrait lui remettre, pour compléter quelques volumes, les fascicules suivants, dont elle payerait la valeur :

Vol. I, N° 5.	Vol. IV, N° 5.
» II, N° 2.	» VI, N° 4.
» III, N° 3.	

Prix de ce fascicule : 2 fr. 80.

Lausanne. — Imp. Georges Bridel & Cie

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

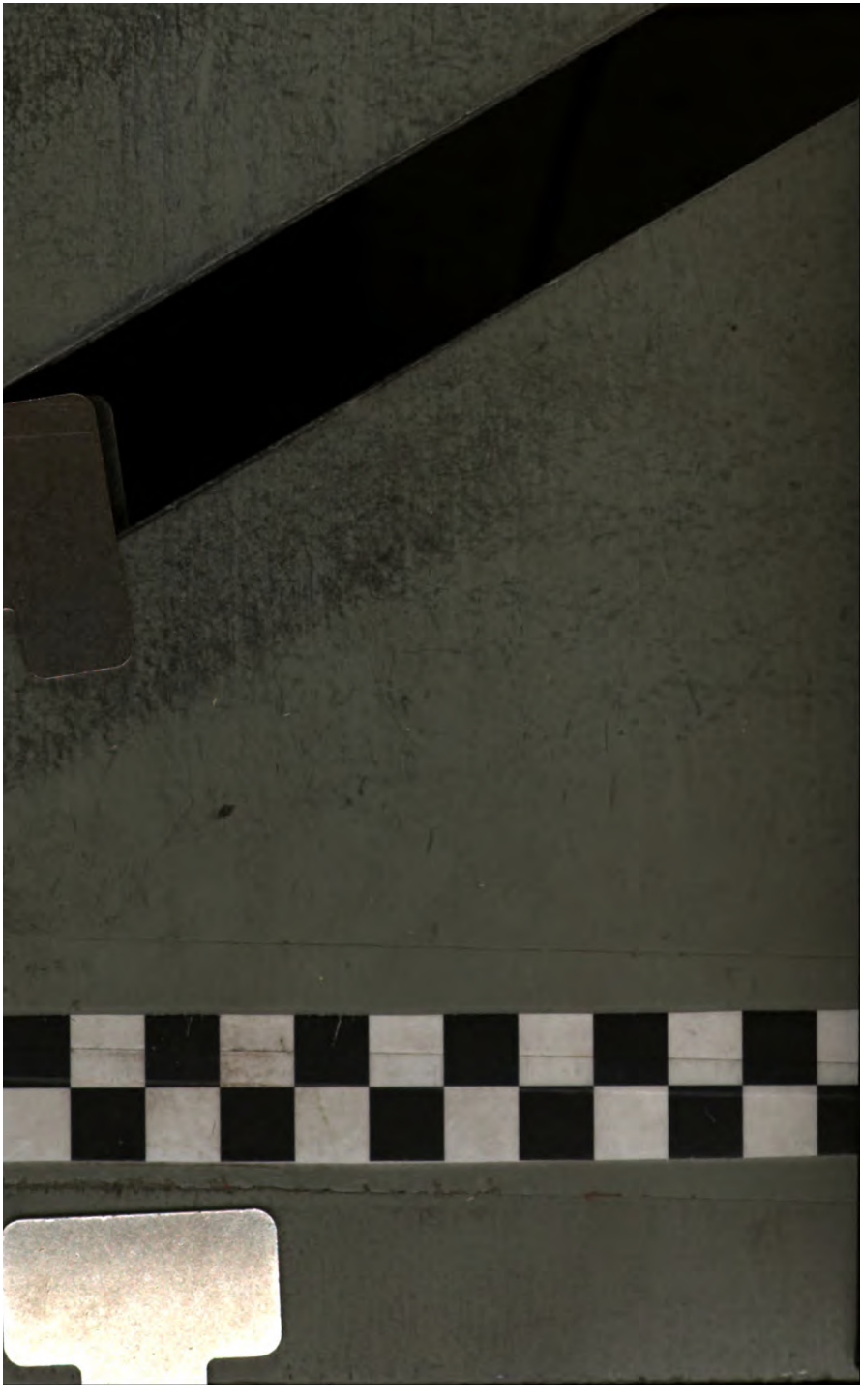
Digitized by Google

Eclogae Geologicae Helvetiae

vol. 7, 1901-03

DATE DUE	BORROWER'S NAME

Digitized by Google



Digitized by Google